

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/006071

International filing date: 30 March 2005 (30.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-099530
Filing date: 30 March 2004 (30.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 20 May 2005 (20.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2004年 3月30日

出願番号
Application Number: 特願2004-099530

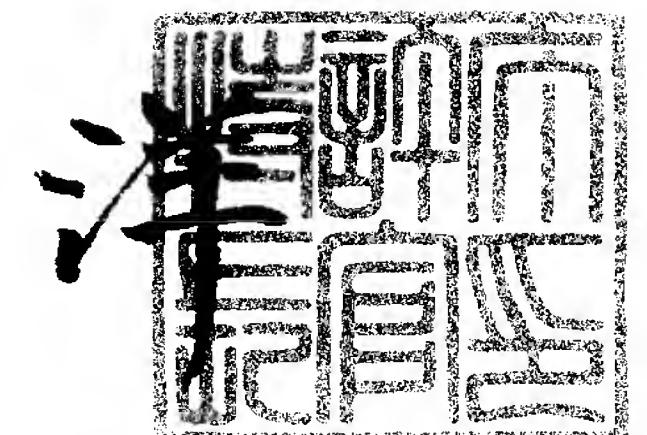
パリ条約による外国への出願に用いる優先権の主張の基礎となる出願の国コードと出願番号
The country code and number of your priority application, to be used for filing abroad under the Paris Convention, is
JP 2004-099530

出願人
Applicant(s): 株式会社ニコン

2005年 4月27日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願
【整理番号】 04-00134
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01L 21/027
【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
【氏名】 馬込 伸貴
【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
【氏名】 水谷 英夫
【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
【氏名】 日高 康弘
【特許出願人】
【識別番号】 000004112
【氏名又は名称】 株式会社ニコン
【代理人】
【識別番号】 100102901
【弁理士】
【氏名又は名称】 立石 篤司
【電話番号】 042-739-6625
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 053132
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9408046

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

投影光学系を用いて物体に対する投影露光を行う露光装置であって、前記物体を保持し、前記投影光学系の光軸方向及びその光軸に直交する2次元平面内を移動可能で、保持する物体の前記光軸方向に関する面位置を調整可能なステージと；前記光軸方向に関する前記ステージの位置情報を検出する第1位置検出装置と；前記光軸に直交する2次元平面内における前記ステージの位置情報を検出する第2位置検出装置と；前記投影露光に先立って、前記ステージに保持された前記物体の露光対象面の面形状に関する情報を検出する面形状検出系と；前記投影露光が行われる際に、前記面形状検出系の検出結果と前記第1及び第2位置検出装置の検出結果とに基づいて前記ステージを駆動することにより、前記物体の露光対象面の面位置を調整する調整装置と；を備える露光装置。

【請求項 2】

前記投影光学系のベストフォーカス位置を計測する計測装置をさらに備え、前記調整装置は、前記計測装置の計測結果を基準として、前記物体の露光対象面の面位置を調整することを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

【請求項 3】

前記計測装置は、前記ステージに設けられ前記投影光学系の光軸に直交する前記2次元平面内に配置された所定の計測用パターンにより前記投影光学系を介した空間像を計測する空間像計測器を用いて、有効露光フィールド内の少なくとも1箇所での前記光軸方向に関する前記ステージの位置の変化に対する前記投影光学系を介した空間像の変化を計測し、その計測結果に基づいて前記投影光学系のベストフォーカス位置を計測することを特徴とする請求項2に記載の露光装置。

【請求項 4】

前記物体上に形成されたアライメントマークの位置情報を検出するためのオフアクシスのアライメント系をさらに備え、前記面形状検出系は、

前記アライメント系により前記アライメントマークの位置情報を検出する際に、前記物体の露光対象面の面位置を検出する焦点位置検出系を備え、前記焦点位置検出系の検出結果と、前記焦点位置検出系により前記面位置が検出される際の前記第2位置検出装置の検出結果とに基づいて、前記物体の露光対象面の面形状に関する情報を検出することを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 5】

前記焦点位置検出系は、前記物体上の複数の計測点に計測光を照射し、その反射光を検出することによって前記各計測点における前記光軸方向に関する前記物体の露光対象面の面位置をそれぞれ検出可能な多点焦点位置検出系であることを特徴とする請求項4に記載の露光装置。

【請求項 6】

前記面形状検出系は、前記計測点間の検出原点ずれを検出し、その検出結果を考慮して、前記物体の露光対象面の面形状を検出することを特徴とする請求項5に記載の露光装置。

【請求項 7】

前記面形状検出系は、前記ステージの移動によりそのステージに保持された前記物体が横切る帯状の領域に照明光を照射する照射系と、前記帯状の領域を前記物体が横切る際のその物体の露光対象面からの前記照明光の反射光を受光する受光系とを含み、前記受光系における反射光の受光位置の基準位置からの位置ずれ量に基づいて、前記物

体の露光対象面の面形状に関する情報を検出することを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項8】

前記面形状検出系は、

干渉計を用いて、前記物体の露光対象面の面形状に関する情報を検出する検出系であることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項9】

前記干渉計は、その光波が前記物体の露光対象面に対し斜入射する斜入射干渉計であることを特徴とする請求項8に記載の露光装置。

【請求項10】

前記調整装置は、

前記面形状検出系による前記物体の露光対象面の面形状に関する情報を検出する際に、前記第1位置検出装置によって検出された前記光軸方向に関する前記ステージの位置情報を考慮して、前記物体の露光対象面の面位置を調整することを特徴とする請求項1～9のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項11】

前記面形状検出系は、

前記物体の露光対象面の面形状に関する情報とともに、その露光対象面と前記ステージの基準面との前記光軸方向に関する相対位置に関する情報を検出することを特徴とする請求項1～9のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項12】

前記投影光学系を介して前記光軸方向に関する前記ステージの位置を検出可能な検出機構をさらに備え、

前記調整装置は、

前記投影露光に先立って、前記検出機構の検出結果と、前記相対位置に関する情報と、前記物体の露光対象面の面形状に関する情報に基づいて、前記光軸方向に関する前記物体の露光対象面の面位置を特定することを特徴とする請求項1～11に記載の露光装置。

【請求項13】

前記調整装置は、

前記検出機構の検出基準と前記投影光学系のベストフォーカス位置との差を検出し、その検出結果を考慮して、前記物体の露光対象面の面位置を調整することを特徴とする請求項1～12に記載の露光装置。

【請求項14】

前記物体の露光対象面の面位置に関する情報の検出を、前記面形状検出系と前記物体との間に液体を満たさない状態で行い、

前記投影露光を、前記投影光学系と前記物体との間に液体を満たした状態で行うこととする請求項1～13のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項15】

リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法において、

前記リソグラフィ工程では、請求項1～14のいずれか一項に記載の露光装置を用いて、物体上にデバイスパターンを転写することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項16】

投影光学系を用いて物体に対する投影露光を行う露光方法であって、

投影露光に先立って、前記投影光学系の光軸方向に関する前記物体の露光対象面の面形状に関する情報とともに前記光軸方向に関する前記物体の基準位置に関する情報を検出する第1工程と；

前記検出結果に基づいて、前記物体の露光対象面の面位置を調整しつつ投影露光を行う第2工程と；を含む露光方法。

【請求項17】

前記第1工程に先立って、

前記投影光学系のベストフォーカス位置を計測する第3工程をさらに含み、前記第2工程では、

前記投影光学系のベストフォーカス位置を基準として、前記物体の露光対象面の面位置を調整することを特徴とする請求項16に記載の露光方法。

【請求項18】

前記第1工程に先立って、

前記投影光学系の光軸方向に関する前記物体の露光対象面の面形状に関する情報とともに前記光軸方向に関する前記物体の基準位置に関する情報を検出する検出系の較正を行う第4工程をさらに含むことを特徴とする請求項16又は17に記載の露光方法。

【請求項19】

前記第1工程を、前記物体上に形成されたアライメントマークの検出中に行うことを行うことを特徴とする請求項16～18のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項20】

前記第1工程では、

前記光軸方向に関する前記物体の基準位置に関する情報として、前記露光対象面の面形状に関する情報が検出される際の前記物体を保持するステージの前記光軸方向に関する位置情報を検出することを特徴とする請求項16～19のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項21】

前記第1工程では、

前記光軸方向に関する前記物体の基準位置に関する情報として、前記物体を保持するステージの基準面と前記露光対象面との前記光軸方向に関する相対位置に関する情報を検出することを特徴とする請求項16～19のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項22】

前記第2工程に先立って、

前記投影光学系を介して、前記ステージの基準面の前記光軸方向に関する面位置を検出する第5工程をさらに含み、

前記第2工程では、

前記第5工程の検出結果と、前記相対位置に関する情報と、前記物体の露光対象面の面形状に関する情報とに基づいて、前記光軸方向に関する前記物体の露光対象面の面位置を特定することを特徴とする請求項21に記載の露光方法。

【請求項23】

前記第5工程に先立って、

前記物体の露光対象面の面位置の基準位置と、前記投影光学系のベストフォーカス位置とを較正情報として検出する第6工程をさらに含み、

前記第2工程では、

前記較正情報を考慮して、前記物体の露光対象面の面位置を調整することを特徴とする請求項22に記載の露光方法。

【請求項24】

前記第2工程では、

前記投影光学系と前記物体との間に液体を満たした状態で前記物体に対する液浸投影露光を行うことを特徴とする請求項16～23のいずれか一項に記載の露光方法。

【請求項25】

リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法において、

前記リソグラフィ工程では、請求項16～24のいずれか一項に記載の露光方法を用いて、物体上にデバイスパターンを転写することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項26】

物体を保持可能で、所定の方向に移動可能なステージと；

前記ステージの移動によりそのステージに保持された前記物体が横切る帯状の領域に照明光を照射する照射系と；

前記帯状の領域を前記物体が横切る際のその物体の露光対象面からの前記照明光の反射

光を受光する受光系と；

前記受光系における反射光の受光位置の基準位置からの位置ずれ量に基づいて、前記物体の露光対象面の面形状に関する情報を検出する検出装置と；を備える面形状検出装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】露光装置、露光方法及びデバイス製造方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、露光装置、露光方法及びデバイス製造方法に係り、さらに詳しくは、投影光学系を用いて物体に対する投影露光を行う露光装置及び露光方法、該露光装置及び露光方法を用いるデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、半導体素子（集積回路）、液晶表示素子等の電子デバイスを製造するリソグラフィ工程では、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）のパターンの像を、投影光学系を介して、レジスト（感光剤）が塗布されたウエハ又はガラスプレート等感光性の基板（以下、「基板」又は「ウエハ」と呼ぶ）上の各ショット領域に転写する投影露光装置が使用されている。この種の投影露光装置としては、従来、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置（いわゆるステッパ）が多用されていたが、最近ではレチクルとウエハとを同期走査しつつ露光を行うステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置（いわゆるスキャニング・ステッパ）も注目されている。

【0003】

この種の露光装置を用いて露光を行う際には、デフォーカスに起因する露光不良の発生を極力抑制するために、投影光学系の光軸方向に関する基板の位置を、焦点位置検出系（フォーカス検出系）により検出し、その検出結果に基づいて、基板上の露光領域（露光光が照明される領域）を投影光学系の最良結像面の焦点深度の範囲内に位置させる、いわゆるオートフォーカス・レベリング制御を行っている。通常、このような焦点位置検出系としては、斜入射方式の多点焦点位置検出系（以下、「多点AF系」と呼ぶ）が採用されている（例えば、特許文献1等）。

【0004】

しかしながら、上記投影露光装置においては、投影光学系の開口（NA）数が大きければ大きいほど解像度が向上するため、最近では、投影光学系に用いられるレンズ、特に投影光学系を構成する最も像面側のレンズの口径が大きくなってきており、このレンズの大口径化に伴って上記多点AF系を配置することが困難になってきている。

【特許文献1】特開平6-283403号公報（対応米国特許第5,448,332号）

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記事情の下になされた本発明は、第1の観点からすると、投影光学系（PL）を用いて物体（W）に対する投影露光を行う露光装置（100）であって、前記物体を保持し、前記投影光学系の光軸（AX）方向及びその光軸に直交する2次元平面内を移動可能で、保持する物体の前記光軸方向に関する面位置を調整可能なステージ（WST）と；前記光軸方向に関する前記ステージの位置情報を検出する第1位置検出装置（18）と；前記光軸に直交する2次元平面内における前記ステージの位置情報を検出する第2位置検出装置（18）と；前記投影露光に先立って、前記ステージに保持された前記物体の露光対象面の面形状に関する情報を検出する面形状検出系（60A, 60B, 20）と；前記投影露光が行われる際に、前記面形状検出系の検出結果と前記第1及び第2位置検出装置の検出結果とに基づいて前記ステージを駆動することにより、前記物体の露光対象面の面位置を調整する調整装置（20）と；を備える露光装置である。

【0006】

これによれば、投影露光に先立って、ステージに保持された物体の露光対象面の面形状に関する情報を面形状検出系により検出しておき、投影露光が行われる際には、その面形状検出系により検出された露光対象面の面形状に関する情報などに基づいて調整装置によ

りステージ上の物体の面位置を調整するので、投影露光の際に、投影光学系の光軸方向に関する物体の位置を、焦点位置検出系により検出せずとも、露光中の物体上の露光領域（露光光が照明される領域）を投影光学系の最良結像面の焦点深度の範囲内に位置させることができる。

【0007】

本発明は、第2の観点からすると、投影光学系（PL）を用いて物体（W）に対する投影露光を行う露光方法であって、投影露光に先立って、前記投影光学系の光軸（AX）方向に関する前記物体の露光対象面の面形状に関する情報とともに前記光軸方向に関する前記物体の基準位置に関する情報を検出する第1工程と；前記検出結果に基づいて、前記物体の露光対象面の面位置を調整しつつ投影露光を行う第2工程と；を含む露光方法である。

【0008】

これによれば、第1工程において、ステージに保持された物体の露光対象面の面形状に関する情報を検出しておき、第2工程において、投影露光の際に、その露光対象面の面形状に関する情報などに基づいてステージ上の物体の面位置を調整するので、投影光学系の光軸方向に関する物体の位置を、焦点位置検出系により検出せずとも、露光中の物体上の露光領域（露光光が照明される領域）を投影光学系の最良結像面の焦点深度の範囲内に位置させることができる。

【0009】

本発明は、第3の観点からすると、リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法において、前記リソグラフィ工程では、請求項1～14のいずれか一項に記載の露光装置及び請求項16～24のいずれか一項に記載の露光方法のいずれか一方を用いて、物体上にデバイスパターンを転写することを特徴とするデバイス製造方法である。かかる場合には、請求項1～14のいずれか一項に記載の露光装置又は請求項16～24のいずれか一項に記載の露光方法のいずれか一方を用いて物体に対する露光を行うので、高精度な露光を実現することができ、その結果、高集積度のデバイスの生産性を向上させることができる。

【0010】

本発明は、第4の観点からすると、物体を保持可能で、所定の方向に移動可能なステージと；前記ステージの移動によりそのステージに保持された前記物体が横切る帶状の領域に照明光を照射する照射系と；前記帶状の領域を前記物体が横切る際のその物体の露光対象面からの前記照明光の反射光を受光する受光系と；前記受光系における反射光の受光位置の基準位置からの位置ずれ量に基づいて、前記物体の面形状に関する情報を検出する検出装置と；を備える面形状検出装置である。これによれば、移動中の物体が横切る帶状の領域に対し照射される照射光が物体面で反射することによって生じる反射光を受光して、その受光位置の基準位置からの位置ずれ量に基づいて物体の面形状を非接触に検出することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

本発明の一実施形態を図1～図11に基づいて説明する。図1には、本発明の一実施形態に係る露光装置100の概略構成が示されている。この露光装置100は、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置（スキャニング・ステッパ（スキャナ）とも呼ばれる）である。

【0012】

この露光装置100は、光源及び照明光学系（後述する可動レチクルブラインド等）を含み、エネルギービームとしての照明光（露光光）ILによりレチクルRを照明する照明系10、レチクルRを保持するレチクルステージRST、投影ユニットPU、ウェハWが載置されるウェハステージWST、前記レチクルステージRST及び前記投影ユニットPUなどが搭載されたボディ（図1ではその一部を図示）及びこれらの制御系等を備えている。

【0013】

前記照明系10は、例えば特開平6-349701号公報（対応する米国特許第5,534,970号）などに開示されるように、光源、オプティカルインテグレータ等を含む照度均一化光学系、ビームスプリッタ、リレーレンズ、可変NDフィルタ、レチクルブランドで規定されたレチクルR上のスリット状の照明領域を照明光ILによりほぼ均一な照度で照明する。ここで、照明光ILとしては、一例としてArFエキシマレーザ光（波長193nm）が用いられている。また、オプティカルインテグレータとしては、フライアイレンズ、ロッドインテグレータ（内面反射型インテグレータ）あるいは回折光学素子などを用いることができる。

【0014】

前記レチクルステージRSTは、不図示のレチクルベース上に、その底面に設けられた不図示のエアベアリングなどによって例えば数μm程度のクリアランスを介して浮上支持されている。このレチクルステージRST上には、レチクルRが、例えば真空吸着（又は静電吸着）により固定されている。レチクルステージRSTは、ここでは、リニアモータ等を含むレチクルステージ駆動部RSC（図1では不図示、図7参照）により、後述する投影光学系PLの光軸AXに垂直なXY平面内で2次元的に（X軸方向、Y軸方向及びXY平面に直交するZ軸回りの回転方向（θz方向）に）微小駆動可能であるとともに、不図示のレチクルベース上を所定の走査方向（ここでは、図1における紙面直交方向であるY軸方向とする）に指定された走査速度で駆動可能となっている。

【0015】

レチクルステージRSTのステージ移動面内の位置は、レチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）16によって移動鏡15を介して例えば0.5~1nm程度の分解能で常時検出されている。この場合、後述する投影ユニットPUを構成する鏡筒40の側面に固定された固定鏡14を基準として位置計測が行われる。実際には、レチクルステージRST上にはY軸方向に直交する反射面を有するY移動鏡とX軸方向に直交する反射面を有するX移動鏡とが設けられ、更にこれに対応してX軸方向位置計測用の固定鏡とY軸方向位置計測用の固定鏡とが設けられているが、図1ではこれらが代表的に移動鏡14、レチクル干渉計16、固定鏡14として示されている。レチクル干渉計16のうちの各軸の干渉計をそれぞれレチクルY干渉計及びレチクルX干渉計とする。レチクルY干渉計とレチクルX干渉計の一方、例えばレチクルY干渉計は測長軸が2軸の干渉計であり、このレチクルY干渉計の計測値に基づきレチクルステージRSTのY位置に加えθz方向の回転も計測できるようになっている。なお、例えば、レチクルステージRSTの端面を鏡面加工して反射面（移動鏡15の反射面に相当）を形成しても良い。また、レチクルステージRSTの走査方向（本実施形態ではY軸方向）の位置検出に用いられるX軸方向に延びた反射面の代わりに、少なくとも1つのコーナキューブ型ミラー（例えばレトロリフレクタ）を用いても良い。

【0016】

レチクル干渉計16の計測値は、主制御装置20に送られている。主制御装置20は、レチクル干渉計16の計測値に基づいてレチクルステージ駆動部RSC（図7参照）を介してレチクルステージRSTを駆動制御する。

【0017】

前記投影ユニットPUは、レチクルステージRSTの図1における下方でボディの一部を構成する鏡筒定盤38にフランジFLG1を介して図示されている。この投影ユニットPUは、円筒状でその外周部の下端部近傍にフランジFLG1が設けられた鏡筒40と、該鏡筒40に保持された複数の光学素子から成る投影光学系PLとによって構成されている。

【0018】

前記投影光学系PLとしては、例えばZ軸方向の共通の光軸AXを有する複数のレンズ（レンズエレメント）から成る屈折光学系が用いられている。この投影光学系PLは、例えば両側テレセントリック光学系で所定の投影倍率（例えば1/4倍又は1/5倍）を有する。このため、照明系10からの照明光ILによってレチクルRの照明領域が照明され

ると、このレチクルRを通過した照明光ILにより、投影光学系PLを介してその照明領域内のレチクルRの例えは回路パターンの縮小像（回路パターンの一部の縮小像）が、表面にレジスト（感光剤）が塗布されたウエハW上に形成される。

【0019】

なお、本実施形態の露光装置100では、液浸法を適用した露光が行われるため、開口数NAが実質的に増大することに伴いレチクル側の開口が大きくなる。このため、レンズのみで構成する屈折光学系においては、ペッソヴァルの条件を満足することが困難となり、投影光学系が大型化する傾向にある。かかる投影光学系の大型化を避けるために、ミラーとレンズとを含んで構成される反射屈折系（カタディ・オプトリック系）を用いても良い。

【0020】

投影光学系PLを構成する最も像面側（ウエハW側）のレンズ（以下、「先玉」ともいう）91の近傍には、液体給排システム132を構成する液体供給ノズル51Aと、液体回収ノズル51Bとが設けられている。液体供給ノズル51Aと、液体回収ノズル51Bは、鏡筒定盤38に保持されており、その先端が、後述するウエハステージWSTと対向するように配置されている。

【0021】

前記液体供給ノズル51Aには、その一端が液体供給装置131A（図1では不図示、図7参照）に接続された不図示の供給管の他端が接続されており、前記液体回収ノズル51Bには、その一端が液体回収装置131B（図1では不図示、図7参照）に接続された不図示の回収管の他端が接続されている。

【0022】

前記液体供給装置131Aは、液体のタンク、加圧ポンプ及び温度制御装置並びに供給管に対する液体の供給・停止を制御するためのバルブ等を含んで構成されている。バルブとしては、例えは液体の供給・停止のみならず、流量の調整も可能となるように流量制御弁を用いることが望ましい。前記温度制御装置は、液体タンク内の液体の温度を、露光装置本体が収納されているチャンバ（不図示）内の温度と同程度の温度に調整する。

【0023】

前記液体回収装置131Bは、液体のタンク及び吸引ポンプ並びに回収管を介した液体の回収・停止を制御するためのバルブ等を含んで構成されている。バルブとしては、前述した液体供給装置131A側のバルブに対応して流量制御弁を用いることが望ましい。

【0024】

上記の液体としては、ここでは、ArFエキシマレーザ光（波長193nmの光）が透過する超純水（以下、特に必要な場合を除いて、単に「水」と記述する）を用いるものとする。超純水は、半導体製造工場等で容易に大量に入手できるとともに、ウエハ上のフォトレジストや光学レンズ等に対する悪影響がないという利点がある。また、超純水は環境に対する悪影響がないうえ、不純物の含有量が極めて少ないため、ウエハWの表面及び先玉91の表面をも洗浄する作用も期待できる。

【0025】

水の屈折率nは、ほぼ1.44である。この水の中では、照明光ILの波長は、193nm×1/n=約134nmに短波長化される。

【0026】

前記液体供給装置131A及び液体回収装置131Bは、それぞれコントローラを具備しており、それぞれのコントローラは、主制御装置20によって制御されるようになっている（図7参照）。液体供給装置131Aのコントローラは、主制御装置20からの指示に応じ、供給管に接続されたバルブを所定開度で開き、液体供給ノズル51Aを介して先玉91とウエハWとの間に水を供給する。また、このとき、液体回収装置131Bのコントローラは、主制御装置20からの指示に応じ、回収管に接続されたバルブを所定開度で開き、液体回収ノズル51Bを介して先玉91とウエハWとの間から液体回収装置131B（液体のタンク）の内部に水を回収する。このとき、主制御装置20は、先玉91とウ

エハWとの間に液体供給ノズル51Aから供給される水の量と、液体回収ノズル51Bを介して回収される水の量とが常に等しくなるように、液体供給装置131Aのコントローラ、液体回収装置131Bのコントローラに対して指令を与える。そのため、先玉91とウエハWとの間には常に一定量の水Lq（図1参照）が保持される。この場合、先玉91とウエハWとの間に保持された水Lqは、常に入れ替わっている。

【0027】

上記の説明から明らかなように、本実施形態の液体給排システム132は、上記液体供給装置131A、液体回収装置131B、供給管、回収管、液体供給ノズル51A及び液体回収ノズル51B等を含んで構成された、局所液浸の液体給排システムである。

【0028】

なお、上記の説明では、その説明を簡単にするため、液体供給ノズルと液体回収ノズルとがそれぞれ1つずつ設けられているものとしたが、これに限らず、例えば、国際公開第99/49504号パンフレットに開示されるように、ノズルを多数有する構成を採用することとしても良い。要は、投影光学系PLを構成する最下端の光学部材（先玉）91とウエハWとの間に液体を供給することができるのであれば、その構成はいかなるものであっても良い。

【0029】

前記ウエハステージWSTは、図1に示されるように、投影ユニットPUの下方に水平に配置されたステージベースBSの上面に、その底面に設けられた複数のエアベアリングを介して非接触で浮上支持されている。このウエハステージWST上に、ウエハホルダ70を介してウエハWが真空吸着（又は静電吸着）によって固定されている。前記ステージベースBSの+Z側の面（上面）は、その平坦度が非常に高くなるように加工されており、この面がウエハステージWSTの移動基準面であるガイド面となっている。

【0030】

前記ウエハステージWSTは、投影光学系PLの図1における下方で、リニアモータ（あるいは平面モータ）などのアクチュエータを含むウエハステージ駆動部WSC（図1では不図示、図7参照）によって上記ガイド面に沿ってXY面内（θz含む）で駆動され、Z軸方向、θx方向（X軸回りの回転方向）、θy方向（Y軸回りの回転方向）の3自由度方向に微小駆動される。

【0031】

前記ウエハホルダ70は、図2に示されるように、板状の本体部70Aと、該本体部70Aの上面に固定されその中央にウエハWの直径より0.1～1mm程度直径が大きな円形開口が形成された補助プレート72とを備えている。この補助プレート72の円形開口内部の領域には、多数のピンが配置されており、その多数のピンによってウエハWが支持された状態で真空吸着されている。この場合、ウエハWが真空吸着された状態では、そのウエハWの表面と補助プレート72の表面との高さがほぼ同一の高さとなるように設定されている。

【0032】

また、補助プレート72には、その一部に矩形状の開口が形成され、その開口内に基準マーク板FMが嵌め込まれている。基準マーク板FMはその表面が、補助プレート72と同一面とされている。この基準マーク板FMの表面には、少なくとも一対のレチクルアライメント用の第1基準マークと、これらの第1基準マークに対して既知の位置関係にあるオフアクシスアライメント系のベースライン計測用の第2基準マークWM₁、WM₂（図2では不図示、図6参照）などが形成されている。

【0033】

図1に戻り、前記ウエハステージWSTのXY面内に関する位置情報は、その上部に固定された移動鏡17XYに測長ビームを照射するウエハレーザ干渉計（以下、「ウエハ干渉計」という）18によって、例えば0.5～1nm程度の分解能で常時検出されている。このウエハ干渉計18は、鏡筒定盤38に吊り下げ状態で固定されており、投影ユニットPUを構成する鏡筒40の側面に固定された固定鏡29XYの反射面を基準とする移動

鏡 17XYの反射面の位置情報をウエハステージWSTのXY平面内の位置情報として計測する。

【0034】

実際には、ウエハステージWST上には、図2に示されるように、実際には、走査方向であるY軸方向に直交する反射面を有するY移動鏡17Yと非走査方向であるX軸方向に直交する反射面を有するX移動鏡17Xとが設けられ、これに対応してレーザ干渉計及び固定鏡も、X軸方向位置計測用とY軸方向位置計測用のものがそれぞれ設けられているが、図1ではこれらが代表的に移動鏡17XY、ウエハ干渉計18、固定鏡29XYとして図示されている。なお、例えば、ウエハステージWSTの端面を鏡面加工して反射面（移動鏡17XYの反射面に相当）を形成しても良い。また、ウエハ干渉計18のうち、X軸方向位置計測用のレーザ干渉計及びY軸方向位置計測用のレーザ干渉計は、ともに測長軸を複数有する多軸干渉計であり、ウエハステージWSTのX、Y位置の他、回転（ヨーリング（ θ_z 方向の回転）、ピッキング（ θ_x 方向の回転）、ローリング（ θ_y 方向の回転）も計測可能となっている。

【0035】

また、図1、図2に示されるように、ウエハステージWSTの-X側の端部には45°傾いてウエハステージWSTに設置される反射鏡17Zが設置されており、ウエハ干渉計18は、この反射鏡17Zに対してもX軸に平行な測長ビームを照射している。反射鏡17Zにおいて+Z側に反射されたビームは、鏡筒定盤38の-Z側面に設置されたX軸方向に延びる固定鏡29Zによって-Z側に反射し、反射鏡17Zで再び反射されてウエハ干渉計18に戻る。ウエハ干渉計18では、この戻り光束と、上述したX軸方向位置計測用の測長ビームの戻り光束とを干渉させて、投影光学系PLの光軸AXの方向（Z軸方向）に関するウエハステージWSTの位置情報、すなわちウエハステージWSTのZ位置も、XYの検出精度と同レベルの検出精度で検出している。

【0036】

本実施形態では、投影光学系PLの直下の位置と後述するアライメント系ALGの直下の位置と、ウエハWのロード位置との間を往来する間でも、ウエハ干渉計18がウエハステージWSTのZ位置を常にモニタできるように、固定鏡29ZのX軸方向の長さが規定されている。これにより、ウエハステージWSTのXY位置に関わらず、ウエハステージWSTの絶対Z位置を常に同一のウエハ干渉計18によって検出することができる。

【0037】

Z位置を含む上述したウエハステージWSTの位置情報（又は速度情報）は主制御装置20に送られている。主制御装置20は、ウエハステージWSTの位置情報（又は速度情報）に基づいて、ウエハステージ駆動部WSCを介してウエハステージWSTのXY面内及びZ位置を含む6自由度方向の位置を制御する。

【0038】

また、露光装置100は、投影光学系PLを介した空間像を計測する空間像計測装置を備えている。図3に示されるように、ウエハステージWSTの内部には、この空間像計測装置59を構成する光学系の一部が配置されている。この空間像計測装置59は、ウエハステージWST上に設けられたステージ側構成部分、すなわちスリット板90を含む基準平面部材58、送光レンズ87と、ウエハステージWSTの外部に設けられたステージ外構成部分、すなわち受光レンズ89、光電変換素子から成る光センサ及び該光センサからの光電変換信号の信号処理回路52（図1、図7参照）等とを含んで構成されている。

【0039】

基準平面部材58は、図3に示されるように、ウエハステージWSTの上面に形成された開口をふさぐ状態で、かつその上面がウエハホルダ70に真空吸着されたウエハWとほぼ同一面に位置するような状態でウエハステージWSTに固定されている。この基準平面部材58は照明光ILの透過性の良いガラスから成り、その上方には遮光膜が形成され、その遮光膜には図2に示されるようにX軸方向及びY軸方向にそれぞれ延びる所定幅の2つのスリット状の計測用パターン22X、22Yが形成されたスリット板90が設置され

ている。以下では、この計測用パターン $22X$ 、 $22Y$ を総称してスリット 22 と記述し、便宜上スリット板 90 にスリット 22 が形成されているものとして説明を行う。

【0040】

この空間像計測装置 59 によるレチクル R に形成された計測マークの投影光学系 PL を介しての投影像（空間像）の計測は、ウェハステージ WST を駆動しその空間像に対しスリット 22 をスキャンさせることにより、いわゆるスリットスキャン方式によって行われる。この間、投影光学系 PL を透過してきた照明光 IL によってスリット板 90 が照明されると、そのスリット板 90 上のスリット 22 を透過した照明光 IL の照明光束がウェハステージ WST の内部の光学系を経て張出部 57 上に設けられた送光レンズ 87 によりウェハステージ WST の外部に導き出される。そして、そのウェハステージ WST の外部に導き出された光は、鏡筒定盤 38 （図1参照）に固定されたケース 92 に取り付けられた送光レンズ 87 に比べて大径（スリットスキャン中送光レンズ 87 からの光を必ず入射できる程度）な受光レンズ 89 に入射する。この入射光はこの受光レンズ 89 を介してケース 92 内にスリット 22 と共に位置に取り付けられた光電変換素子（受光素子）、例えばフォト・マルチプライヤ・チューブ（PMT、光電子増倍管）などの光センサによって受光される。該光センサからその受光量に応じた光電変換信号（光量信号） P は増幅器、A/Dコンバータ（例えば16ビットの分解能のもの）などを含んで構成された信号処理回路 52 を介して主制御装置 20 に出力される。

【0041】

なお、上記空間像計測に際しては、先玉 91 とウェハ W との間と同様に、先玉 91 とスリット板 90 との間にも、主制御装置 20 からの指示に応じた液体供給装置 $131A$ 及び液体回収装置 $131B$ のコントローラの制御により、一定量の水 Lq （図3参照）が保持されるようになっている。

【0042】

図3には、空間像計測装置 59 を用いて、レチクル R の代わりにレチクルステージ RS T 上に保持されたレチクル $R1$ に形成された計測マークの空間像が計測されている最中の状態が示されている。レチクル $R1$ には、所定の箇所に Y 軸方向に周期性を有する L/S パターンから成る計測マーク PM が形成されているものとする。また、空間像の計測に当たり、主制御装置 20 により、照明系 10 を構成する可動レチクルブラインド 12 が不図示のブラインド駆動装置を介して駆動され、レチクル R の照明光 IL の照明領域が計測マーク PM に対応する部分のみに規定されているものとする。この状態で、照明光 IL がレチクル $R1$ に照射されると、図3に示されるように、計測マーク PM によって回折、散乱した光（照明光 IL ）は投影光学系 PL により屈折され、該投影光学系 PL の像面に計測マーク PM の空間像（投影像）が形成される。

【0043】

この空間像が形成された状態で、主制御装置 20 により、ウェハステージ駆動部 WSC （図7参照）を介してウェハステージ WST が Y 軸方向に駆動されると、スリット 22 が空間像に対して Y 軸方向に沿って走査される。すると、この走査中にスリット 22 を通過する光（照明光 IL ）が空間像計測装置 59 の光センサで受光され、その光電変換信号 P が信号処理回路 52 を介して主制御装置 20 に供給される。主制御装置 20 では、光電変換信号 P に基づいて空間像に対応する光強度分布を計測することができる。ただし、この空間像計測の際に得られる光電変換信号（光強度信号） P は、スリット 22 に依存する関数と空間像に対応する光強度分布のコンボリューションとなるため、その空間像に対応する信号を得るために、例えば信号処理回路 52 等で、そのスリット 22 に依存する関数に関するデコンボリューションを行う必要がある。

【0044】

図1に戻り、投影ユニット P U の $+X$ 側には、オフアクシスのアライメント系 ALG が、鏡筒定盤 38 上にフランジ $FLG2$ を介して設置されている。このアライメント系 ALG としては、例えば、ウェハ W 上のレジストを感光させないブロードバンドな検出光束を対象マークに照射し、その対象マークからの反射光により受光面に結像された対象マーク

の像と不図示の指標の像とを撮像素子（CCD）等を用いて撮像し、それらの撮像信号を出力する画像処理方式のFIA（Field Image Alignment）系のアライメントセンサが用いられている。このアライメント系ALGの撮像結果は、主制御装置20に送られる。

【0045】

また、露光装置100では、そのアライメント系ALGを挟むようにして、照射系60Aと、受光系60Bとから成る多点焦点位置検出系（以下、適宜「多点AF系」と呼ぶ）が設けられている。照射系60Aは、主制御装置20によってオンオフが制御される光源を有し、アライメント系ALGの直下にウエハWがある場合、そのウエハW面に向けてスリット（又はピンホール）の像を形成するための複数の結像光束を、光軸AXに対して斜め方向より照射する。受光系60Bは、それらの結像光束のウエハW表面での反射光束を受光する。すなわち、この多点AF系は、光軸AX方向（Z軸方向）に関するウエハWの位置及びXY面に対する傾斜を検出する斜入射方式の焦点位置検出系である。本実施形態の多点AF系（60A, 60B）としては、例えば特開平6-283403号公報（対応米国特許第5,448,332号）などに開示されているものと同様の構成のものが用いられるが、本実施形態では、この多点AF系が、投影光学系PLの近傍（さらには投影光学系の光軸を中心として）に配置されているのではなく、アライメント系ALGの近傍に設けられている。

【0046】

照射系60A内には、例えば照明光源と、一例として8行8列のマトリクス状配列で64個のスリット状の開口パターンが形成されたパターン板と、照射光学系などが設けられている。また、受光系60B内には、一例として8行8列のマトリクス状の配列で合計64個のスリットが形成された受光用スリット板と、該スリット板の各スリットに対向して8行8列のマトリクス状配列で配置された64個のフォトダイオード等の受光素子から成るセンサとしてのフォーカスセンサと、回転方向振動板と、受光光学系などが設けられている。

【0047】

この多点AF系（60A, 60B）の各部の作用について簡単に説明すると、主制御装置20からの指示の下、照射系60A内の照明光源からの照明光によりパターン板が照明されると、例えば図4に示されるように、パターン板の各開口パターンを透過した結像光束が照射光学系を介してウエハW表面に照射され、ウエハW表面に8行8列のマトリクス状配列で8×8、合計64個のX軸、Y軸に対して45度傾斜したスリット状の開口パターンの像（スリット像）S₁₁～S₈₈が形成される（図5参照）。すると、スリット像S₁₁～S₈₈それぞれの結像光束のウエハ表面からの反射光が受光光学系を介して受光用スリット板の各スリット上にそれぞれ再結像され、それらのスリット像の光束がフォーカスセンサによって個別に受光される。この場合、それらのスリット像の光束は、回転方向振動板により振動されているので、受光用スリット板上では再結像された各像（以下、適宜「反射スリット像」と呼ぶ）の位置が各スリットの長手方向と交差する方向に振動する。各フォーカスセンサの検出信号は図1の信号処理装置56により前記回転振動周波数の信号で同期検波される。そして、この信号処理装置56により、同期検波して得られた64点の焦点ずれ信号（デフォーカス信号）、例えばSカーブ信号が主制御装置20に供給されるようになっている。

【0048】

このSカーブ信号は、受光用スリット板のスリット中心とウエハWからの反射スリット像の振動中心とが一致したときに零レベルとなり、ウエハWがその状態から上方に変位しているときは正のレベル、ウエハWが下方に変位しているときは負のレベルになる信号である。従って、Sカーブ信号にオフセットが加えられていない状態では、主制御装置20によって、Sカーブ信号が零レベルになるウエハWの高さ位置がそれぞれ検出されることとなる。

【0049】

なお、以下では、図5に示されるスリット像S₁₁～S₈₈が形成され、結像面からのZ位

置が検出されるウエハW上の場所を、特に、計測点S₁₁～S₈₈と呼ぶこととする。図5に示されるように、隣接するスリット像の中心間隔は、X軸方向およびY軸方向ともに例えば10mmで規定されている。現在では、プロセスウエハの表面は、CMPプロセス等により平坦度が増しており、グローバルな面形状さえ検出することができればよいので、この程度の間隔で十分である。また、各計測点のX軸方向及びY軸方向の長さは、例えば5mmで規定されている。この場合、全てのスリット像S₁₁～S₈₈がカバーする領域の面積は、75×75mm²となる。したがって、この多点AF系(60A, 60B)によれば、およそ75×75mm²のウエハのZ位置及び傾斜成分を一度に計測することができるようになっている。以下ではこの多点AF系(60A, 60B)の計測領域をMAと呼ぶ。

【0050】

図1に戻り、レチクルRの上方に、レチクルR上の一対のレチクルマークと基準マーク板FM上の対応する一対の第2基準マークの投影光学系PLを介した像とを同時に観察するための露光波長を用いたTTR(Through The Reticle)方式のアライメント系から成る一対のレチクルアライメント検出系(以下、便宜上「RA検出系」と呼ぶ)12A, 12Bが配置されている。これらのRA検出系12A, 12Bの検出信号は、不図示のアライメント制御装置を介して、主制御装置20に供給されるようになっている。

【0051】

ここで、図1及びこの図1におけるRA検出系12Aを拡大して詳細に示す図6に基づいて、RA検出系12A, 12Bについて更に詳述する。前記一方のRA検出系12Aは、図1に示されるように、可動部33Aと、固定部32Aとの2部分を含んで構成されている。この内、可動部33Aは、図6に示されるように、プリズム28Aと、該プリズム28Aの下方に45°で斜設されたビームスプリッタ30Aと、これらを所定の位置関係で保持するハウジングとを備えている。この可動部33Aは、X軸方向に移動自在に配置され、後述するレチクルアライメントを行う際には、主制御装置20からの指令により不図示の駆動装置により照明光ILの光路上の計測位置(図6に示される位置)に移動され、レチクルアライメントが終了すると、露光動作の邪魔にならないように、主制御装置20からの指令のもとで、不図示の駆動装置により照明光ILの光路上から退避される。

【0052】

前記プリズム28Aは、図6の計測位置にあるときに、照明光ILをレチクルR上のRAマーク(例えばRM₁)に導くためのものである。RAマークは、前述の如く、パターン領域PAの外側に設けられており、この部分は通常は照明する必要の無い部分であるため、本実施形態では、照明光ILの一部の光束(以下、この光束を便宜上「IL₁」と呼ぶ)を導くようにしたものである。プリズム28Aにより導かれた光束IL₁はビームスプリッタ30Aを介してレチクルアライメントマーク(例えばRM₁)を照明する。ビームスプリッタ30Aは、レチクルR側からの検出光束(光束IL₁の反射光束)を、固定部32Aに導くためのものである。

【0053】

前記固定部32Aは、結像光学系35、該結像光学系35内に配設された合焦状態調整用レンズ39を駆動する駆動装置41及び撮像素子(CCD)42等を含んで構成されている。

【0054】

前記結像光学系35としては、ここでは、内部に配設された合焦状態調整用レンズ39を駆動することにより、焦点距離を変更することができる光学系、すなわち、いわゆる内焦式の光学系が用いられている。このため、本実施形態では、主制御装置20が、例えば撮像素子42における画像信号を処理してRAマーク(例えばRM₁)や、基準マーク板FM上の第2基準マーク(例えばWM₁)の投影像に対応する光強度信号のコントラストを求め、該コントラストがピークとなるように、前述の合焦状態調整用レンズ39を駆動装置41を介して光軸方向に駆動することにより、結像光学系35の焦点をレチクルRのパターン面と撮像素子42の受光面とに合わせることができる。すなわち、結像光学系3

5の合焦動作を行うことができる。

【0055】

他方のRA検出系12Bは、図1及び図6に示されるように、可動部33Bと、固定部32Bとを備え、可動部33Bは、プリズム28B及びビームスプリッタ30Bを備え、上記RA検出系12Aと左右対称ではあるが、同様に構成されている（照明光IL₂と、レチクルR上のレチクルアライメントマークRM₂と、第2基準マークWM₂との関係も同様である）。このように、RA検出系12Bの構成が他方のRA検出系12Aと同様であるので、以下、結像光学系、合焦状態調整用レンズ、駆動装置及び撮像素子の符号については、RA検出系12Aと同一の符号を用いるものとする。なお、RA検出系（12A, 12B）を用いた例えはレチクルアライメントの際にも、先玉91と基準マーク板FMとの間に、主制御装置20からの指示に応じた液体供給装置131A及び液体回収装置131Bのコントローラの制御により、一定量の水Lq（図3参照）が保持されるようになっている。

【0056】

図1に戻り、制御系は、主制御装置20を中心として構成される。主制御装置20は、CPU（中央演算処理装置）、ROM（リード・オンリ・メモリ）、RAM（ランダム・アクセス・メモリ）等の内部メモリから成るいわゆるマイクロコンピュータ（又はワークステーション）を含んで構成され、露光動作が的確に行われるよう、例えばレチクルRとウエハWの同期走査、ウエハWのステッピング、露光タイミング等を統括して制御する。

【0057】

次に、本実施形態の露光装置100における一連の露光動作について詳細に説明する。上述したように、本実施形態の露光装置100においては、上記特開平6-349701号公報などに開示された露光装置とは異なり、多点AF系（60A, 60B）の計測領域MAが投影光学系PLの光軸上にはなくオフアクシスのアライメント系ALGの検出視野に対応する位置に設定されている。すなわち、本実施形態の露光装置100では、多点AF系の計測点面が光軸AX上にないため、多点AF系を用いた走査露光中にリアルタイムにウエハWの面位置を検出しつつオートフォーカス・レベリング制御を行うことができない。そこで、本実施形態の露光装置100では、ファインアライメントでのウエハアライメントマークの検出の際に、多点AF系（60A, 60B）を用いて、ウエハWの露光対象面の面形状に関する情報を検出し、走査露光においては、この前もって検出されたウエハWの露光対象面の面形状に関する情報を用いて、走査露光中のウエハWのオートフォーカス・レベリング制御を行う。

【0058】

多点AF系（60A, 60B）により、前もって検出されたウエハWの露光対象面の面形状に関する情報を用いて、露光中のウエハWのオートフォーカス・レベリング制御を行う場合には、それらの情報を検出する検出系に関するキャリブレーションを精度良く行っておく必要がある。ここでは、このキャリブレーションにおいて検出すべき情報について説明する。

【0059】

図8（A）には、投影光学系PLの光軸をZ軸とし、投影光学系PLの光軸AX上のベストフォーカス位置を原点とするXYZ座標系と、多点AF系（60A, 60B）の計測領域MAの中心を原点とし、X軸、Y軸、Z軸にそれぞれ平行なX'軸、Y'軸、Z'軸から成るX'Y'Z'座標系とが示されている。前提として、Z'軸は、アライメント系ALGの検出視野の中心軸BXと一致しているものとする。図8（A）に示されるように、本実施形態では、両座標系の原点は当然に一致してはいない。また、投影光学系PLの光軸AX上のベストフォーカス位置と、多点AF系（60A, 60B）の検出原点のZ位置にもずれ（△Z）が当然に存在する。

【0060】

また、図8（B）に示されるように、投影光学系PLのベストフォーカス位置は、投影

光学系PLの収差等の影響により、有効露光フィールドである露光領域（露光領域IAとする）内の各箇所で微妙に異なる。すなわち、投影光学系PLの光軸AX上のベストフォーカス位置を原点としても、露光領域IA内の他の箇所では、投影光学系PLのベストフォーカス位置が必ずしもZ=0の平面内にあるとは限らない。そこで、本実施形態では、露光領域IA内に図8（B）に示されるX軸方向に例えれば3.5mm間隔で、Y軸方向に例えれば4mm間隔で配置された各計測点P₁₁～P₃₇について空間像計測装置59などを用いてそれぞれベストフォーカス位置を計測し、複数の計測点P₁₁～P₃₇のベストフォーカス位置で形成される最良結像面を求める。実際の走査露光では、このベストフォーカス面にウェハWの露光対象面を焦点深度内の範囲内で一致させるように、オープンなオートフォーカス・レベリング制御を行う。

【0061】

また、多点AF系（60A, 60B）においては、計測点S₁₁～S₈₈でのそれぞれのZ位置を複数のフォーカスセンサで独立して検出するので、各計測点のZ位置の検出原点には必ずずれが生じている。全てのフォーカスセンサのこの検出原点のずれを機械的にゼロとするのは困難である。そこで、本実施形態では、この検出原点のずれを、各計測点のオフセット成分として出力する。図8（C）には、各計測点S₁₁～S₈₈でのオフセット成分D₁₁～D₈₈の一例が模式的に示されている。このようなオフセット成分は、多点AF系（60A, 60B）で検出されたウェハWの露光対象面の面形状に関する情報の誤差となるので、実際の面形状の検出に先立って、このオフセット成分D₁₁～D₈₈を較正情報として検出しておく必要がある。

【0062】

すなわち、本実施形態では、露光に先立って投影光学系PLの最良結像面と、多点AF系（60A, 60B）の複数の計測点の検出原点によって形成される計測領域MAとのキャリブレーションを行う必要がある。

【0063】

図9には、1枚のウェハに対し、露光を行う際の主制御装置20の処理アルゴリズムを示すフローチャートが示されている。図9に示されるように、まず、サブルーチン201では、投影光学系PLのベストフォーカス位置の検出を行う。すなわち、このサブルーチン201では、図10に示されるように、まず、ステップ301において、不図示のレチクルローダにより、レチクルステージRST上にレチクルR1をロードする。このレチクルR1は、図8（B）に示される露光領域IAの複数の計測点P₁₁～P₃₇に対応する箇所に、計測マークPM（図3参照、それぞれ計測マークPM₁₁～PM₃₇とする）が形成されたレチクルであるものとする。

【0064】

次のステップ303では、レチクルR1上の中心に位置する中心マーク（図8（B）に示される計測点P₂₄に対応する計測マークPM₂₄）が、投影光学系PLの光軸上に一致するようにレチクルステージRSTを位置決めする。次のステップ304では、液体給排水システム132による水Lqの給排水を開始する。これにより、先玉91とスリット板90との間には水Lqが満たされるようになる。次いで、ステップ305では、カウンタiの値（以下、「カウンタ値i」とする）を1に初期化し、次のステップ307では、カウンタjの値（以下、「カウンタ値j」とする）を1に初期化する。そして、ステップ307では、計測マークPM_{ij}の部分にのみ照明光ILが照射されるように、照明系10を構成する可動レチクルブラインド12を駆動制御して照明領域を規定する。

【0065】

次のステップ311では、スリット板90が、計測マークPM_{ij}の空間像をスリットスキャンが可能な走査開始位置に移動するようにウェハステージ駆動部WSCを介してウェハステージWSTを駆動する。次のステップ313では、照明光ILをレチクルR1に照射して、スリットスキャン方式により空間像計測装置59を用いて計測マークPM_{ij}（ここでは、計測マークPM₁₁）の空間像計測を、ウェハステージWSTのZ位置を所定ステップピッチでずらしながら繰り返し行う。この各Z位置の空間像計測の際には、ウェハ干

涉計 18 によって計測されるウエハステージWST の Z 位置に基づいて、ウエハステージ駆動部WSC を介してウエハステージWST の Z 位置が制御されている。また、スリット板 90 の傾き、すなわちウエハステージWST の投影光学系PL の光軸AX に直交するXY 平面に対する傾斜は、前述のように、ウエハ干渉計 18 、より正確にはウエハステージWST のピッチング、ローリングをそれぞれ検出する測長軸を有する一対のY干渉計（ピッチング干渉計として機能する）、X干渉計（ローリング干渉計として機能する）の計測値に基づいて、所望の一定角度となるように（例えはピッチング、ローリングがともに零となるように）制御されている。そして、次のステップ 315 では、その空間像の計測結果に基づいて得られた計測マークPM_{ij} の空間像に関するコントラストカーブがピーク値を示すZ位置Z_{ij} を算出し、その位置Z_{ij} を評価点P_{ij} におけるベストフォーカス位置として内部メモリに記憶する。

【0066】

なお、ウエハステージWST のZ位置を変更した場合には、先玉 91 とウエハWとの間隔も変わるために、液体給排システム 132 により、その間に保持される水Lq の量も適宜変更される。

【0067】

次のステップ 317 では、カウンタ値 j を 1 だけインクリメントする（ $j \leftarrow j + 1$ ）。そして、次のステップ 319 では、カウンタ値 j が 7 を超えているか否かを判断する。ここでは、カウンタ値 j が 2 であるので、判断は否定され、ステップ 309 に戻る。

【0068】

以降、カウンタ値 j が 7 を越え、ステップ 319 において判断が肯定されるまで、ステップ 309 → ステップ 311 → ステップ 313 → ステップ 315 → ステップ 317 → ステップ 319 の処理、判断が繰り返し実行され、計測点P₁₂～P₁₇ における計測マークPM₁₂～PM₁₇ の空間像計測が複数のZ位置で行われ、各計測点におけるベストフォーカス位置Z₁₁～Z₁₇ が検出され、内部メモリに格納される。

【0069】

カウンタ値 j が 7 となり、ステップ 319 における判断が肯定されると、ステップ 321 に進む。ステップ 321 ではカウンタ値 i が 1 だけインクリメントされる（ $i \leftarrow i + 1$ ）。次のステップ 323 では、カウンタ値 i が 3 を超えたか否かが判断される。ここでは、カウンタ値 i = 2 なので、判断は否定され、ステップ 307 に戻る。

【0070】

以降、カウンタ値 i = 4 となってステップ 323 での判断が肯定されるまで、ステップ 307 → ステップ 309 → ステップ 311 → ステップ 313 → ステップ 315 → ステップ 317 → ステップ 319 の処理、判断が繰り返し実行され、計測点P₂₁～P₂₇ における計測マークPM₂₁～PM₂₇ の空間像計測が複数のZ位置で行われ、各計測点におけるベストフォーカス位置Z₂₁～Z₂₇ が検出されて内部メモリに格納される。そして、さらにもう 1 回、ステップ 307 → ステップ 309 → ステップ 311 → ステップ 313 → ステップ 315 → ステップ 317 → ステップ 319 の処理、判断が繰り返し実行され、計測点P₃₁～P₃₇ における計測マークPM₃₁～PM₃₇ の空間像計測が複数のZ位置で行われ、各計測点におけるベストフォーカス位置Z₃₁～Z₃₇ が検出され、内部メモリに格納される。

【0071】

カウンタ値 i が 4 になると、ステップ 323 での判断が肯定され、ステップ 325 に進む。ステップ 325 では、上述のようにして得られた各ベストフォーカス位置Z₁₁、Z₁₂、…、Z₃₇に基づいて、所定の統計的処理を行うことにより、投影光学系PL の像面の近似平面（及び像面形状）を算出する。このとき、この像面形状とは別に像面湾曲を算出することも可能である。投影光学系PL の像面、すなわち最良結像面は、光軸からの距離が異なる無数の点（すなわち、いわゆる像の高さが異なる無数の点）におけるベストフォーカス位置の集合から成る面であるから、このような手法により、像面形状及びその近似平面を容易にかつ正確に求めることができる。

【0072】

次のステップ327では、RA検出系12A, 12Bの焦点合わせをする。まず、図6に示されるように、ウエハステージWST上の基準マーク板FMの第2基準マークWM₁, WM₂が、RA検出系12A, 12Bの検出視野に入るよう、ウエハステージWST上を投影光学系PLの直下に移動させる。このとき、ウエハステージWSTは、基準マーク板FMが、投影光学系PLの最良結像面に位置するようオートフォーカス・レベリング制御されているものとする。なお、ウエハステージWSTの上面は、ウエハWを含み、ほぼ完全な平面となっているため、この移動の際には、液体給排システム132により水の給排を停止させる必要はない。

【0073】

さらに、図6に示されるRA検出系12A, 12Bの可動部33A, 33Bを、不図示の駆動装置を介してレチクルR1上に移動させ、レチクルR1及び投影光学系PLを介して、ウエハステージWST上の基準マーク板FMに形成された一対の第2基準マークWM₁, WM₂を照明光IL₁, IL₂により照明する。これにより、それら第2基準マークWM₁, WM₂部分からの反射光束が投影光学系PLを介してレチクルR1のパターン面のパターン領域PAを挟むX軸方向の両側の位置に戻り、レチクルR1のパターン面に第2基準マークWM₁, WM₂の投影像が結像される。なお、このとき、レチクルR1上のRAマークは、いずれもRA検出系12A, 12Bの視野外、視野内のいずれにあっても良い。これはRAマーク、第2基準マークWM₁, WM₂ともに既知の構造であり、信号処理の過程で容易に判別可能であることによる。そして、RA検出系12A, 12Bを構成するそれぞれの結像光学系35内の合焦状態調整用レンズ39を駆動装置41を介してその光軸方向に沿って所定範囲内で所定ピッチであるいは連続的に駆動する。そして、この駆動中にRA検出系(12A, 12B)から出力される検出信号、すなわち第2基準マークWM₁, WM₂の像強度(光強度)信号をモニタし、そのモニタ結果に基づいてそれぞれの結像光学系35が合焦状態となる位置を見つけ、その位置に合焦状態調整用レンズ39の光軸方向位置を設定して、RA検出系12A, 12Bを構成するそれぞれの結像光学系35を合焦させる。上記の合焦状態の判断は、一例として光強度信号のコントラストがピークとなる位置を見つけ、その位置を合焦位置とすることによって行うことができる。勿論、この他の手法によって、合焦状態を判断しても良い。これにより、RA検出系(12A, 12B)のベストフォーカス位置は、投影光学系PLの最良結像面に一致するようになる。

【0074】

次のステップ329では、液体給排システム132により水の給排を停止される。これにより、先玉91の下方の水が除去される。ステップ329が終了すると、図9のステップ203に進む。

【0075】

次のステップ203では、スリット板90がアライメント系ALGの下方(すなわち多点AFの計測領域MA)に位置するよう、ウエハステージ駆動部WSCを介してウエハステージWSTを移動させる。このとき、スリット板90の傾き、すなわちウエハステージWSTの投影光学系PLの光軸AXに直交するXY平面に対する傾斜は、ウエハ干渉計18、より正確には、ウエハステージWSTのピッチング、ローリングをそれぞれ検出する測長軸を有する一対のY干渉計(ピッチング干渉計として機能する)、X干渉計(ローリング干渉計として機能する)の計測値に基づいて、所望の一定角度となるよう(例えばピッチング、ローリングがともに零となるように)制御されている。さらに、主制御装置20は、多点AF系(60A, 60B)により計測される計測点S₁₁~S₈₈(この場合スリット板90上の各計測点)の計測結果が1つでも計測範囲からはずれ、飽和することのないような位置に、ウエハステージWSTのZ位置を調整する。

【0076】

次のステップ205では、このときの各計測点S₁₁~S₈₈の計測結果を取得し、この計測結果を図8(C)で示されるような計測点S₁₁~S₈₈のオフセット成分D₁₁~D₈₈として内部メモリに格納するとともに、このときのウエハステージWSTのZ位置を併せて内部メモリに格納する。

【0077】

なお、ここで、ウエハステージWSTのZ位置を調整しても、計測結果が飽和する計測点がなくならない場合には、多点AF系(60A, 60B)を構成する平行平板の回転量を調整するようにしても良い。

【0078】

次のステップ207では、レチクル交換を行う。これにより、レチクルステージRSTに保持されたレチクルR1が不図示のレチクルアンローダによりアンロードされ、実際の露光に用いられるレチクルRが不図示のレチクルローダによりロードされる。

【0079】

次のステップ209では、レチクルアライメント系(12A, 12B)及び基準マーク板FM等を用いて、通常のスキャニング・ステッパと同様の手順で、レチクルアライメント及びベースライン計測などの準備作業を行う。なお、準備作業のうち、レチクルアライメントにおいては、液体給排システム132により先玉91と基準マーク板FMとの間に水Lqが供給された状態で行う。レチクルアライメント後は水の給排を停止させる。

【0080】

次のステップ211では、ウエハステージWSTをローディング位置に移動させ、不図示のウエハローダによりウエハステージWST上にウエハWをロードする。次のステップ213では、サーチアライメントを行う。このサーチアライメントに関しては、例えば特開平2-272305号公報及びこれに対応する米国特許第5,151,750号などに詳細に開示されている方法と同様な方法が用いられるので、詳細な説明を省略する。

【0081】

次のステップ215では、ウエハステージWSTをアライメント系ALGの直下に移動させ、ウエハステージWST上のウエハWに対してウエハアライメント(ファインアライメント)を行う。ここでは、一例として、例えば特開昭61-44429号公報などに詳細に開示されるEGA(エンハンスト・グローバル・アライメント)方式のウエハアライメントを行うものとする。

【0082】

このウエハアライメントでは、図11(A)に実線枠で示されるウエハW上の各ショット領域SAのうち、例えば色付きで示されるような14個のショット領域Sをサンプルショットとして選択するものとする。ここでは、サンプルショットに付設されたウエハアライメントマークをアライメント系ALGにより検出して、そのマークのXY平面内の位置情報を検出し、その検出結果からウエハW上のショット領域の配列座標を後述するステップ217で算出する。

【0083】

なお、このウエハアライメントでは、ウエハステージWSTをXY平面内に移動させて、各サンプルショットに付設されたウエハアライメントマークをアライメント系ALGの検出視野に順次移動させたうえで、そのウエハアライメントマークを検出している。言い換えれば、全サンプルショットに付設されたウエハアライメントマークを検出する際には、アライメント系ALGの検出視野が所定の経路で14個のサンプルショットを順次移動するようになる。図11(A)では、アライメント系ALGの検出視野が各サンプルショット領域の中心を捉えているときの多点AF系の計測領域MAが点線枠で示されている。このように、アライメント系ALGの検出視野が所定の経路で14個のサンプルショットを順次移動すると、多点AF系(60A, 60B)の計測領域MAがウエハWのほぼ全面を網羅するようになる。

【0084】

そこで、ステップ215においては、アライメント系ALGによりサンプルショットに付設されたウエハアライメントマークを検出するとともに、多点AF系(60A, 60B)により、ウエハWの表面のZ位置計測も合わせて行う。すなわち、アライメントALGの検出視野が各サンプルショット付近に移動する毎に、図11の点線枠で示されるような多点AF系の計測領域内の計測点S11～S88のZ位置が計測される。これにより、ほぼ全

域のウエハWの露光対象面のZ位置が得られるようになる。また、この多点AF系(60A, 60B)の計測点S₁₁~S₈₈におけるZ位置の計測の際には、そのときのウエハステージWSTのXY平面内位置及びZ位置も、ウエハ干渉計18の計測により取得しておく。このときのZ位置と、投影光学系PLの原点P₂₄におけるベストフォーカス位置との差が図8(A)に示される△Zとなる。

【0085】

なお、多点AF系(60A, 60B)の計測点S₁₁~S₈₈の検出原点は、前述のようすれがあるため、各計測点におけるZ位置の計測値から上記ステップ205で求めたオフセット成分D₁₁~D₈₈をキャンセルしておく必要がある。

【0086】

このように、ステップ215におけるウエハアライメントでは、ウエハアライメントマークの計測とともに、多点AF系(60A, 60B)によりウエハWの露光対象面のZ位置が計測される。このZ位置と、そのZ位置が計測されたときのウエハ干渉計18の計測値(ウエハステージWSTのXY平面内の位置情報及びZ軸方向の位置情報)から、ウエハWの露光対象面の面形状に関する情報を取得することができる。以下では、この情報をZマップと呼び、このZマップを取得する処理をZマッピングと呼ぶものとする。なお、このZマップは、XY平面に関し離散的なデータであるので、所定の補間演算又は統計演算等により、ウエハWの露光対象面の面形状に関する情報を表す連続値関数を作成するようにも良い。図11(B)には、図11(A)のA-A'断面におけるZマップに基づいて作成された連続値関数の一例が示されている。図中のZ_aは、このZマップにおけるウエハWの露光対象面の平均Z位置を示している。

【0087】

次のステップ217では、上記ステップ215で検出されたEGA方式のウエハアライメントの結果に基づいてウエハW上のショット領域の配列座標を計算する。そして、次のステップ219では、この配列座標と、Zマップと、上記ステップ209におけるベースライン計測結果に基づいて、走査露光中のウエハステージWSTのXYZ座標系の6自由度の位置指令プロファイルを作成する。このとき、上記ステップ205で作成されたZマップに基づいてオートフォーカス・レベリング制御に寄与する位置指令プロファイルを作成する際には、図8(A)に示されるようなZ軸とZ'軸とのずれ△Zを考慮する必要があることは勿論である。

【0088】

次のステップ221では、走査露光を行う。具体的には、上記ステップ219で作成したウエハステージWSTのXYZ座標系の6自由度の位置指令プロファイルに基づいて、1番目のショット領域の露光のための加速開始位置にウエハW(ウエハステージWST)を移動させ、これと同時に、レチクルR(レチクルステージRST)を加速開始位置へ移動させる。そして、液体給排システム132により先玉91とウエハWとの間に對し水L_qの給排を開始する。そして、上記ステップ219で作成された位置プロファイルに基づいて、ウエハW(ウエハステージWST)とレチクルR(レチクルステージRST)とのY軸方向の相対走査(同期移動)を開始し、ウエハW上の各ショット領域に対して走査露光を行う。これにより、レチクルRの回路パターンが投影光学系PLを介してウエハW上の各ショット領域に対して逐次転写される。

【0089】

上記の走査露光中、ウエハWの表面上の露光領域IAが投影光学系PLの最良結像面とを実質的に一致させる(結像面の焦点深度の範囲内に収まる)ようにするために、ウエハ干渉計18で計測されるウエハステージWSTのXY平面位置及びZ位置と、ステップ215において検出されたZマップとに基づいて、ウエハステージ駆動部WSCを介してウエハステージWSTをZ軸方向、θ_x方向、θ_z方向に駆動し、ウエハWに対するオープループのフォーカス・レベリング制御が実現される。

【0090】

ウエハW上の全てのショット領域に対する走査露光が終了した後、液体給排システム1

32による水Lqの給排が停止され、ステップ223において、ウエハステージWSTをアンロード位置に移動させ、ウエハWを不図示のウエハアンローダによりアンロードする。ステップ223終了後は、処理を終了する。

【0091】

なお、本実施形態では、投影光学系PLのベストフォーカス位置を検出してから、多点AF系(60A, 60B)のオフセット成分を検出したが、これは逆であっても良い。また、サーチアライメントは行わなくても良い。また、ファインアライメントにおける、サンプルショット数は14個には限らず、例えば8個でも良い。この場合には、アライメント系ALGのアライメントマークの検出に関わらず、図11(A)に示されるような領域MAでのウエハWの面位置検出を行うようとする。

【0092】

また、ウエハWがペアウエハである場合には、ステップ213のサーチアライメント及びステップ215のファインアライメント(さらにはステップ217の配列座標計算)は行われないが、多点AF系によるウエハWの面位置検出は行う必要がある。

【0093】

これまでの説明から明らかなように、本実施形態の露光装置100では、ウエハステージWSTがステージに対応し、ウエハ干渉計18が、第1位置検出装置及び第2位置検出装置に対応する。また、多点AF系(60A, 60B)及び主制御装置20の一部が面形状検出系に対応し、主制御装置20の一部が調整装置に対応する。また、主制御装置20の一部が計測装置に対応する。また、多点AF系(60A, 60B)が焦点位置検出系に対応する。また、RA検出系(12A, 12B)が検出機構に対応する。

【0094】

すなわち、主制御装置20のCPUが行う、ステップ215(図9)の処理によって面形状検出系の一部の機能が実現され、ステップ205、ステップ221(図9)等の処理によって調整装置の機能が実現され、サブルーチン201(図9、図10)の処理によって計測装置の機能が実現されている。また、本実施形態では、主制御装置20の機能を、1つのCPUで実現したが、複数のCPUで実現しても良い。

【0095】

以上詳細に述べたように、本実施形態の露光装置100によれば、投影露光に先立って、ウエハステージWSTに保持されたウエハWの露光対象面の面形状に関する情報(Zマップ)を面形状検出系(多点AF系(60A, 60B), 主制御装置20の一部)により検出しておき、投影露光が行われる際には、その面形状検出系により検出された露光対象面の面形状に関する情報(Zマップ)などに基づいて主制御装置20によりウエハステージWST上のウエハWの面位置を調整するので、投影露光の際に、投影光学系PLの光軸AXの方向に関するウエハWの位置を、リアルタイムに検出せずとも、走査露光中のウエハW上の露光領域IAを投影光学系PLの最良結像面の焦点深度の範囲内に位置させることができ、大開口数の投影光学系の下での高精度な露光を実現することができる。

【0096】

また、本実施形態では、主制御装置20は、投影光学系PLのベストフォーカス位置を計測して最良結像面を検出し、その最良結像面を基準として、ウエハWの露光対象面の面位置を調整するが、投影光学系PLの最良結像面がXY平面にほぼ平行であることが保障されていれば、投影光学系PLの最良結像面を求める必要はなく、有効露光フィールド内のいずれか1つ(例えば光軸上)の計測点におけるベストフォーカス位置を求めるだけでも良い。また、計測点P₁₁～P₃₇の間隔及び計測点数は、上記実施形態のものには限られない。

【0097】

また、本実施形態では、投影光学系PLのベストフォーカス位置を空間像計測装置59による空間像計測により求めたが、これには限られず、ベストフォーカス位置の検出方法はどのようなものであってもよい。例えば、複数のZ位置で実際にウエハWに対する所定パターンの焼付けを行い、その焼付け結果が最も良好であったZ位置をベストフォーカス

位置として決定するようにしても良い。この場合には、露光装置が空間像計測装置を備える必要はない。

【0098】

また、上記実施形態では、多点AF系(60A, 60B)の計測領域MAの中心が、アライメント系ALGの検出視野の中心と一致するようにしたが、必ずしもその必要はない。アライメント系ALGによるウエハアライメントマークの検出と、多点AF系(60A, 60B)によるウエハWの面位置の検出とを同時に行わない場合には、両者を別々に配置するようにしても良い。ただし、両者を上記実施形態のように配置すれば、ウエハアライメントマークの検出と、ウエハWの面位置の検出とを同時に行えるので、スループット的に有利である。

【0099】

また、上記実施形態では、多点AF系(60A, 60B)の計測点の数は $8 \times 8 = 64$ 点であったが、これには限られないことは勿論である。また、計測領域MAの大きさや、各計測点のサイズや向きも上記実施形態のものには限定されない。例えばこの計測点の間隔を、投影光学系PLのベストフォーカス位置の計測点の間隔(X: 4mm, Y: 3.5mm)と同じにしても良い。また、上記実施形態では、ウエハWの面位置を検出する検出系が多点AF系(60A, 60B)であったが、その必要はない。例えば、ウエハWの1点のみのZ位置を検出する検出系であっても良い。この場合には、その検出系のオフセット成分というものは観念できないので、上記ステップ205におけるようなオフセット成分を検出する必要はなく、図8(A)に示されるような△Zだけを検出すれば良い。

【0100】

また、上記実施形態では、多点AF系(60A, 60B)を用いてウエハWの露光対象面の面形状に関する情報(Zマップ)を検出する際に、そのときのウエハステージWSTのZ位置をウエハ干渉計18によって計測し、その計測結果に基づいて面形状が検出されたウエハWの面を、投影光学系PLの最良結像面とに焦点深度の範囲内で一致させるようにした。このように、図1に示される露光装置100のように、投影光学系PLの下方からアライメント系ALGの下方までの広いXY平面に平行な領域を網羅するZ干渉計を備えていれば、ウエハステージWSTがどのような位置にあっても、そのZ位置は常に同一ウエハ干渉計18によって検出され、そのZ位置を絶対Z位置として用いることができる。

【0101】

しかしながら、露光装置の構成は、上記実施形態のものには限られない。例えば図1に示されるようなウエハ干渉計18を備えておらず、例えば投影光学系PLの下方にあるウエハステージWSTのZ位置を計測する干渉計と、アライメント系ALGの下方にあるウエハステージWSTのZ位置を計測する干渉計とが、それぞれ独立した干渉計である露光装置やXZ位置を計測する干渉計を備えていない露光装置では、アライメント位置にあるウエハWの露光対象面の面形状を検出したときのZ位置を、露光時には参照することができなくなる。

【0102】

このような場合には、RA検出系(12A, 12B)を用いてZ位置の位置合わせを行うようにしても良い。以下では、その位置合わせの方法について説明する。

【0103】

例えば、上記ステップ205におけるZマッピングの際に、ウエハWの露光対象面の面形状とともに、基準マーク板FMの面位置も多点AF系(60A, 60B)を使って計測し、内部メモリに記憶しておく。そして、ウエハステージWST上のウエハWに対し露光を行うため、ウエハステージWSTを投影光学系PLの下方に移動させた場合に、RA検出系(12A, 12B)により、基準マーク板FM上の第2基準マークWM₁, WM₂を検出させる。主制御装置20は、ウエハステージWSTをZ軸方向に駆動して、RA検出系(12A, 12B)によって、第2基準マークに対応する光強度信号のコントラストがピークとなるZ位置を見つける。このとき、RA検出系(12A, 12B)では、上記ステ

ップ327における合焦動作がすでに行われており、基準マーク板FMの表面位置が、投影光学系PLの最良結像面に合致するように設定されているものとすれば、この位置が投影光学系のベストフォーカス位置に対応していることになる。したがって、このようになりますれば、基準マーク板FMの面位置とウエハWの露光対象面の面位置との相対位置関係から、現在のウエハWの露光対象面のZ位置を把握することができるので、上記実施形態と同様に、走査露光中に、ウエハWの露光対象面と投影光学系PLの最良結像面とを焦点深度の範囲内で一致させることができるようになる。

【0104】

なお、上記実施形態のように、投影光学系PLの最良結像面（ベストフォーカス位置）と、RA検出系（12A, 12B）のベストフォーカス位置などを必ずしも一致させる必要はない。両者のZ軸方向のずれが既知であれば良い。RA検出系（12A, 12B）により基準マーク板FMを検出させることにより、RA検出系（12A, 12B）のベストフォーカス位置に基準マーク板FMを位置させることができれば、その時点での基準マーク板FMと投影光学系PLの最良結像面との相対位置関係がわかるので、投影光学系PLの最良結像面とウエハWの露光対象面とを焦点深度の範囲内で、一致させることは可能だからである。したがって、上記実施形態のようにRA検出系には必ずしも合焦装置が備えられている必要はない。

【0105】

ただし、この場合には、投影光学系PLの最良結像面と、RA検出系のベストフォーカス位置との位置関係のキャリブレーションを予め行っておく必要がある。投影光学系PLの最良結像面については、上記実施形態と同様の方法で求めることができる。一方、RA検出系のベストフォーカス位置については、やはり基準マーク板FM上の第2基準マークの検出結果のZ軸方向に関するコントラストカーブなどから求めることができる。

【0106】

以上述べたように、ウエハWの露光対象面の面形状を検出する際には、ウエハWの面の絶対Z位置を求めるだけでも良いが、ウエハステージWST上の基準面に対するウエハWの面の相対Z位置を求めるだけでも、投影光学系PLの最良結像面にウエハWの露光面を一致させることができる。

【0107】

なお、基準マーク板FMのZ位置の検出には、必ずしもRA検出系を用いる必要はない。要は、基準マーク板FMの表面と投影光学系PLの最良結像面との関係が求められればよく、投影光学系PLを介して基準マーク板FMの面位置を検出可能な別の検出系を用いてもよいし、投影光学系PLを介さずに、例えば水なしで静電容量センサなど非光学系な検出系を用いて基準マーク板FMの面位置を検出できるようにしてもよい。また、基準マーク板FMを使わずに、別途基準平面をウエハステージWST上に配置して使用するようにしてもよい。

【0108】

また、上記実施形態では、特開平6-283403号公報に開示された多点AF系と同様の構成を有し、アライメント系ALGの検出視野中心と中心が一致する計測領域を有する多点AF系（60A, 60B）を用いてウエハWの露光対象面の面形状に関する情報を検出したが、これには限られない。例えば図12（A）、図12（B）に示されるような面形状検出装置を用いても良い。図12（A）に示されるように、この面形状検出装置は、ウエハステージWST上のウエハWに対し、少なくともウエハWの直径より長いライン状のビームを斜入射させる照射系75Aと、照射系75Aにより照射されたビームの反射光を受光する例えは1次元CCDセンサなどの受光系75Bを含んで構成されている。図12（B）に示されるように、この照射系75Aと受光系75Bとは、投影光学系PLとアライメント系ALGとの間に、そのライン状の照射領域SLが位置するように配置されている。

【0109】

照射系75Aから照射されるライン状のビームは、実際には、互いに平行な複数の点状

(またはスリット状) レーザ光が、一方向に並ぶことによって形成されたビームであり、この照射領域SLは、図12(C)に示されるように、実際には、複数の点状のビームの照射領域S₁～S_nの集合となっている。したがって、上記実施形態の多点AF系(60A, 60B)の各計測点でのZ位置の検出原理と同じ原理で、この照射領域S₁～S_nを計測点S₁～S_nとし、受光系75Bにおける反射光の受光位置の基準位置からの位置ずれ量を計測すれば、計測点S₁～S_nのそれぞれのウエハWのZ位置を検出することができる。

【0110】

受光系75Bでの計測結果は、主制御装置20に送られている。主制御装置20では、この計測結果、すなわち受光系75Bにおける反射光の受光位置の基準位置からの位置ずれ量に基づいて、ウエハWの露光対象面の面形状に関する情報を検出する。

【0111】

照射領域SLを図12(B)に示されるように、計測点S₁～S_nの列を、X軸およびY軸と交差するように配置したのは、例えばアライメント系ALGによるウエハアライメントマークの計測を終了した後に露光を行うため、ウエハステージWSTが、アライメント系ALGの下方(点線で示される位置)から投影光学系PLの下方(実線で示される位置)に移動する際に、ウエハステージWST上のウエハWが、この照射領域SLを通過するようになっているためである。この配置により、アライメントと露光との間にウエハステージWSTが移動する間に、この照射領域SLに対し、ウエハWが相対走査されるようになる。したがって、この相対走査の間(ウエハWが、照射領域SLを通過している間)、計測点S₁～S_nの計測結果を所定のサンプリング間隔で検出していけば、その検出結果がウエハWの露光対象面全体の面形状を検出することができる。このように、アライメント位置から露光位置までウエハステージWSTを移動させる間にウエハWの面形状を検出すれば、スループットを低下させることなく、ウエハWの露光対象面の面形状を検出することができるようになる。

【0112】

なお、計測点S₁～S_nの列の配置は、上述の例に限られず、X軸またはY軸と平行に配置してもよい。また、計測点S₁～S_nを用いたウエハWの面形状の計測は、ウエハアライメントマークの計測動作とウエハ露光動作との間に限らず、例えばウエハアライメントマークの計測前に行うようにしてもよい。要は、ウエハWの露光前に、照射領域SLに対してウエハWが相対走査されればよい。

【0113】

また、図13に示されるような構成を有する面形状検出装置を備えるようにしても良い。図13に示される面形状検出装置は、斜入射する照明光を出射する不図示の光源と、該光源とウエハステージWST上のウエハWとの間に挿入された半透明参照面を有する平行平板96と、受光装置95とを含んで構成されている。光源から照射され平行平板96に入射する照明光の光束の大きさは、少なくともウエハWの面積よりも十分に大きくなるよう設定されている。図13に示されるように、実線で示される入射光の一部は、平行平板96を通過してウエハWの露光対象面に至り、その面で反射され、平行平板96に再度入射する。再度入射した反射光は、その入射位置の半透明参照面で反射した点線で示される入射光と重なり、2次元CCDカメラ等の受光装置95においてそれらの干渉縞が形成されるようになる。したがって、その干渉縞の検出結果から、ウエハWの露光対象面の面形状を検出することができる。通常のフィゾー干渉計においては、被検反射物体に対する入射光波の入射角を垂直に規定しているが、図13に示されるような干渉計による面形状検出装置にあっては、入射光波がウエハWの露光対象面に対し斜入射するよう設定されている。このようにすれば、ウエハW上に形成された回路パターン等の影響を軽減することができるとともに、縞感度を向上させることもできるようになる。

【0114】

もっとも、ウエハWの露光対象面の面形状を測定するための干渉計の構成は図13に示されるようなものには限られない。上述のような入射光波が被検面に対して垂直に入射するフィゾー干渉計やトワイマンーグリーン干渉計のようなものであっても良い。また、特

開平4-221704号公報や特開2001-4336号公報に開示されるような斜入射干渉計であっても良い。

【0115】

なお、図13に示されるような面形状検出装置の配置は自由であり、例えば、ウエハのローディング位置近傍であっても良いし、図12(B)に示される面形状検出装置と同じような配置であっても良い。

【0116】

また、上記実施形態では、ウエハステージWSTに設けられたZ位置計測用の移動鏡は、-X端に設けられた移動鏡17Zのみであったが、これに限らず、移動鏡17Zのような移動鏡をウエハステージWSTの+X端にも設け、+X側からも測長ビームを当て、両側のZ位置の計測結果（例えばそれらの平均）から、ウエハステージWSTのZ位置を求めるようにしても良い。このようにすれば、ウエハステージWSTのローリングによらず、ウエハステージWSTのZ位置を精度良く計測することが可能となる。

【0117】

また、Z軸方向に関する移動鏡としては、図1等に示されるような移動鏡17Zのような移動鏡には限られず、例えば、X軸に平行な測長ビームが必ずZ軸に平行なビームとなるように反射させるプリズムをZ位置計測用の移動鏡として用いるようにしても良い。

【0118】

また、上記実施形態では、ウエハステージWSTのXY平面内の位置及びZ位置を計測なウエハ干渉計18を用いたが、XY平面内の位置を計測可能な干渉計と、Z位置を計測可能な干渉計を別々に備えるようにしても良いことは勿論である。

【0119】

また、Z位置計測用の移動鏡は、ウエハステージWSTの側面に設けられている必要はなく、XY位置計測用の移動鏡と一体となっていても良い。また、ウエハステージWSTの底面に移動鏡を設け、ウエハステージWSTの-Z側から測長ビームを当て、ウエハステージWSTのZ位置を計測するようにしても良い。

【0120】

なお、上記実施形態では、液体として超純水（水）を用いるものとしたが、本発明がこれに限定されることは勿論である。液体としては、化学的に安定で、照明光ILの透過率が高く安全な液体、例えばフッ素系不活性液体を使用しても良い。このフッ素系不活性液体としては、例えばフロリナート（米国スリーエム社の商品名）が使用できる。このフッ素系不活性液体は冷却効果の点でも優れている。また、液体として、照明光ILに対する透過性があつてできるだけ屈折率が高く、また、投影光学系やウエハ表面に塗布されているフォトレジストに対して安定なもの（例えばセダー油等）を使用することもできる。また、F₂レーザを光源とする場合は、フォンブリンオイルを選択すれば良い。

【0121】

また、上記実施形態で、回収された液体を再利用するようにしても良く、この場合は回収された液体から不純物を除去するフィルタを液体回収装置、又は回収管等に設けておくことが望ましい。

【0122】

なお、上記実施形態では、投影光学系PLの最も像面側の光学素子が先玉91であるものとしたが、その光学素子は、レンズに限られるものではなく、投影光学系PLの光学特性、例えば収差（球面収差、コマ収差等）の調整に用いる光学プレート（平行平面板等）であっても良いし、単なるカバーガラスであっても良い。投影光学系PLの最も像面側の光学素子（上記実施形態では先玉91）は、照明光ILの照射によってレジストから発生する飛散粒子又は液体中の不純物の付着等に起因して液体（上記実施形態では水）に接触してその表面が汚れることがある。このため、その光学素子は、鏡筒40の最下部に着脱（交換）自在に固定することとし、定期的に交換することとしても良い。

【0123】

このような場合、液体に接触する光学素子がレンズであると、その交換部品のコストが

高く、かつ交換に要する時間が長くなってしまい、メンテナンスコスト（ランニングコスト）の上昇やスループットの低下を招く。そこで、液体と接触する光学素子を、例えば先玉91よりも安価な平行平面板とするようにしても良い。

【0124】

また、上記実施形態において、液体（水）を流す範囲はレチクルのパターン像の投影領域（照明光ILの照射領域）の全域を覆うように設定されれば良く、その大きさは任意で良いが、流速、流量等を制御する上で、照射領域よりも少し大きくしてその範囲をできる限り小さくしておくことが望ましい。

【0125】

なお、複数のレンズから構成される投影光学系、投影ユニットPUを露光装置本体に組み込み、更に、投影ユニットPUに液体給排ユニット132を取り付ける。その後、光学調整をするとともに、多数の機械部品からなるレチクルステージやウエハステージを露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、更に総合調整（電気調整、動作確認等）をすることにより、上記実施形態の露光装置を製造することができる。なお、露光装置の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【0126】

また、上記実施形態では、ステップ・アンド・スキャン方式等の走査型露光装置に本発明が適用された場合について説明したが、本発明の適用範囲がこれに限定されることは勿論である。すなわちステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置にも本発明は好適に適用できる。また、ショット領域とショット領域とを合成するステップ・アンド・スティッチ方式の縮小投影露光装置における露光にも本発明を好適に適用することができる。また、ウエハステージを2基備えたツインステージ型の露光装置にも適用できる。また、液浸法を用いない露光装置にも本発明を適用することができるのは勿論である。

【0127】

露光装置の用途としては半導体製造用の露光装置に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを転写する液晶用の露光装置や、有機EL、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（CCD等）、マイクロマシン及びDNAチップなどを製造するための露光装置にも広く適用できる。また、半導体素子などのマイクロデバイスだけでなく、光露光装置、EUV露光装置、X線露光装置、及び電子線露光装置などで使用されるレチクル又はマスクを製造するために、ガラス基板又はシリコンウエハなどに回路パターンを転写する露光装置にも本発明を適用できる。

【0128】

また、上記実施形態の露光装置の光源は、ArFエキシマレーザ光源に限らず、KrFエキシマレーザ光源、F₂レーザ光源などのパルスレーザ光源や、g線（波長436nm）、i線（波長365nm）などの輝線を発する超高圧水銀ランプなどを用いることも可能である。また、DFB半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の单一波長レーザ光を、例えばエルビウム（又はエルビウムとイッテルビウムの両方）がドープされたファイバーアンプで增幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いても良い。また、投影光学系の倍率は縮小系のみならず等倍および拡大系のいずれでも良い。

【0129】

また、上記実施形態では、露光装置の照明光ILとしては波長100nm以上の光に限らず、波長100nm未満の光を用いても良いことはいうまでもない。例えば、近年、70nm以下のパターンを露光するために、SORやプラズマレーザを光源として、軟X線領域（例えは5～15nmの波長域）のEUV（Extreme Ultraviolet）光を発生させるとともに、その露光波長（例えは13.5nm）の下で設計されたオール反射縮小光学系、及び反射型マスクを用いたEUV露光装置の開発が行われている。この装置においては、円弧照明を用いてマスクとウエハを同期走査してスキャン露光する構成が考えられる。

【0130】

また、電子線又はイオンビームなどの荷電粒子線を用いる露光装置にも、本発明は適用

できる。なお、電子線露光装置は、ペンシルビーム方式、可変成形ビーム方式、セルプロジェクション方式、ブランкиング・アバーチャ・アレイ方式、及びマスク投影方式のいずれであっても良い。例えば、電子線を用いる露光装置では、電磁レンズを備えた光学系が用いられるが、この光学系が露光光学系を構成し、この露光光学系の鏡筒などを含む露光光学系ユニットが構成される。

【0131】

《デバイス製造方法》

次に、上述した露光装置100をリソグラフィ工程で使用したデバイスの製造方法の実施形態について説明する。

【0132】

図14には、デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造例のフローチャートが示されている。図14に示されるように、まず、ステップ801（設計ステップ）において、デバイスの機能・性能設計（例えば、半導体デバイスの回路設計等）を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップ802（マスク製作ステップ）において、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ803（ウエハ製造ステップ）において、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

【0133】

次に、ステップ804（ウエハ処理ステップ）において、ステップ801～ステップ803で用意したマスクとウエハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術等によってウエハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップ805（デバイス組立てステップ）において、ステップ804で処理されたウエハを用いてデバイス組立てを行う。このステップ805には、ダイシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程（チップ封入）等の工程が必要に応じて含まれる。

【0134】

最後に、ステップ806（検査ステップ）において、ステップ805で作成されたデバイスの動作確認テスト、耐久テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

【0135】

図15には、半導体デバイスにおける、上記ステップ804の詳細なフロー例が示されている。図15において、ステップ811（酸化ステップ）においてはウエハの表面を酸化させる。ステップ812（CVDステップ）においてはウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ813（電極形成ステップ）においてはウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ814（イオン打ち込みステップ）においてはウエハにイオンを打ち込む。以上のステップ811～ステップ814それぞれは、ウエハ処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

【0136】

ウエハプロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして後処理工程が実行される。この後処理工程では、まず、ステップ815（レジスト形成ステップ）において、上記実施形態に示されるように、ウエハに感光剤を塗布する。引き続き、ステップ816（露光ステップ）において、上記実施形態の露光装置100を用いてマスクの回路パターンをウエハに転写する。次に、ステップ817（現像ステップ）においては、露光されたウエハを現像し、ステップ818（エッチングステップ）において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップ819（レジスト除去ステップ）において、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。

【0137】

これらの前処理工程と後処理工程とを繰り返し行うことによって、ウエハ上に階層的に回路パターンが形成される。

【0138】

以上説明した本実施形態のデバイス製造方法を用いれば、露光工程（ステップ 816）において上記実施形態の露光装置 100 及び露光方法が用いられるので、高精度な露光を実現することができる。この結果、高集積度のデバイスの生産性（歩留まりを含む）を向上させることが可能になる。

【産業上の利用可能性】

【0139】

以上説明したように、本発明の露光装置及び露光方法は、半導体素子、液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程に適しており、本発明のデバイス製造方法は、マイクロデバイスの生産に適している。

【図面の簡単な説明】

【0140】

【図 1】本発明の一実施形態に係る露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図 2】ウエハステージを示す斜視図である。

【図 3】空間像計測装置を用いてレチクル上の計測マークの空間像を計測しているときの様子を示す図である。

【図 4】多点AF系を用いてウエハの露光対象面の面形状を計測しているときの様子を示す図である。

【図 5】多点AF系の計測点であるスリット像の配置と計測領域との位置関係を示す図である。

【図 6】図 1 の一方の RA 検出系 12A の近傍を拡大して示す図である。

【図 7】図 1 の露光装置の制御系の主要な構成を示すブロック図である。

【図 8】図 8 (A) は、投影光学系の光軸上のベストフォーカス位置を原点とする座標系と、多点AF系の計測領域の中心を原点とする座標系とを示す図であり、図 8 (B) は、露光領域内におけるベストフォーカス位置の計測点を示す図であり、図 8 (C) は、多点AF系における各計測点でのオフセット成分の一例を示す図である。

【図 9】本発明の一実施形態の露光装置における露光動作の際の主制御装置の処理アルゴリズムを示すフローチャートである。

【図 10】投影光学系のベストフォーカス位置検出のサブルーチンの処理手順を示すフローチャートである。

【図 11】図 11 (A) は、露光対象のウエハ W の一例を示す上面図であり、図 11 (B) は、図 11 (A) のウエハ W の A-A' 断面に関する Z マップより得られたウエハの面形状を示す連続値関数の一例を示す図である。

【図 12】図 12 (A) は、他の面形状検出装置の構成の一例を示す斜視図であり、図 12 (B) は、その面形状検出装置の近辺の上面図であり、図 12 (C) は、照射領域 SL の拡大図である。

【図 13】ウエハの露光対象面の面形状を検出するための干渉計システムの概略的な構成を示す図である。

【図 14】本発明に係るデバイス製造方法の実施形態を説明するためのフローチャートである。

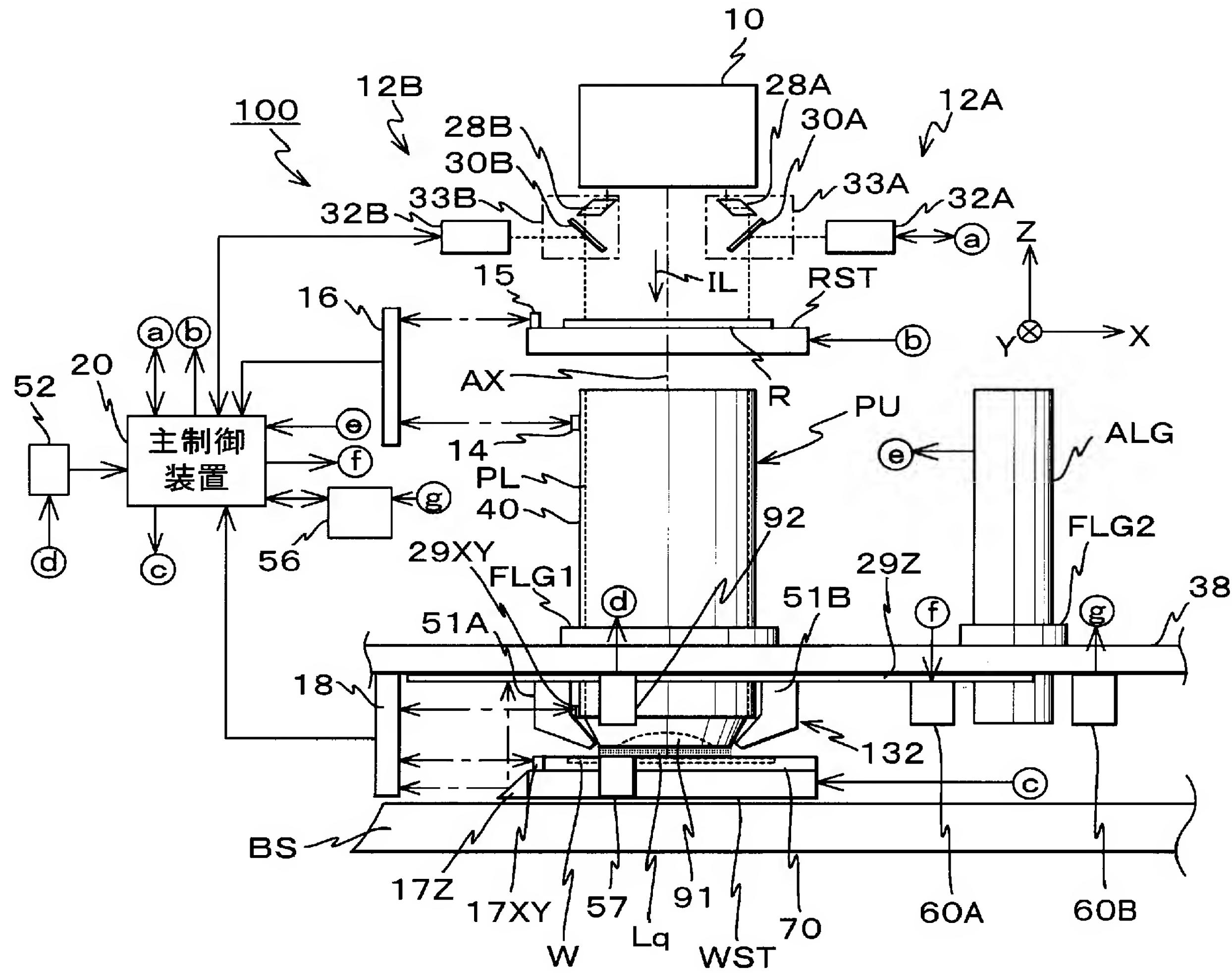
【図 15】図 14 のステップ 804 の詳細を示すフローチャートである。

【符号の説明】

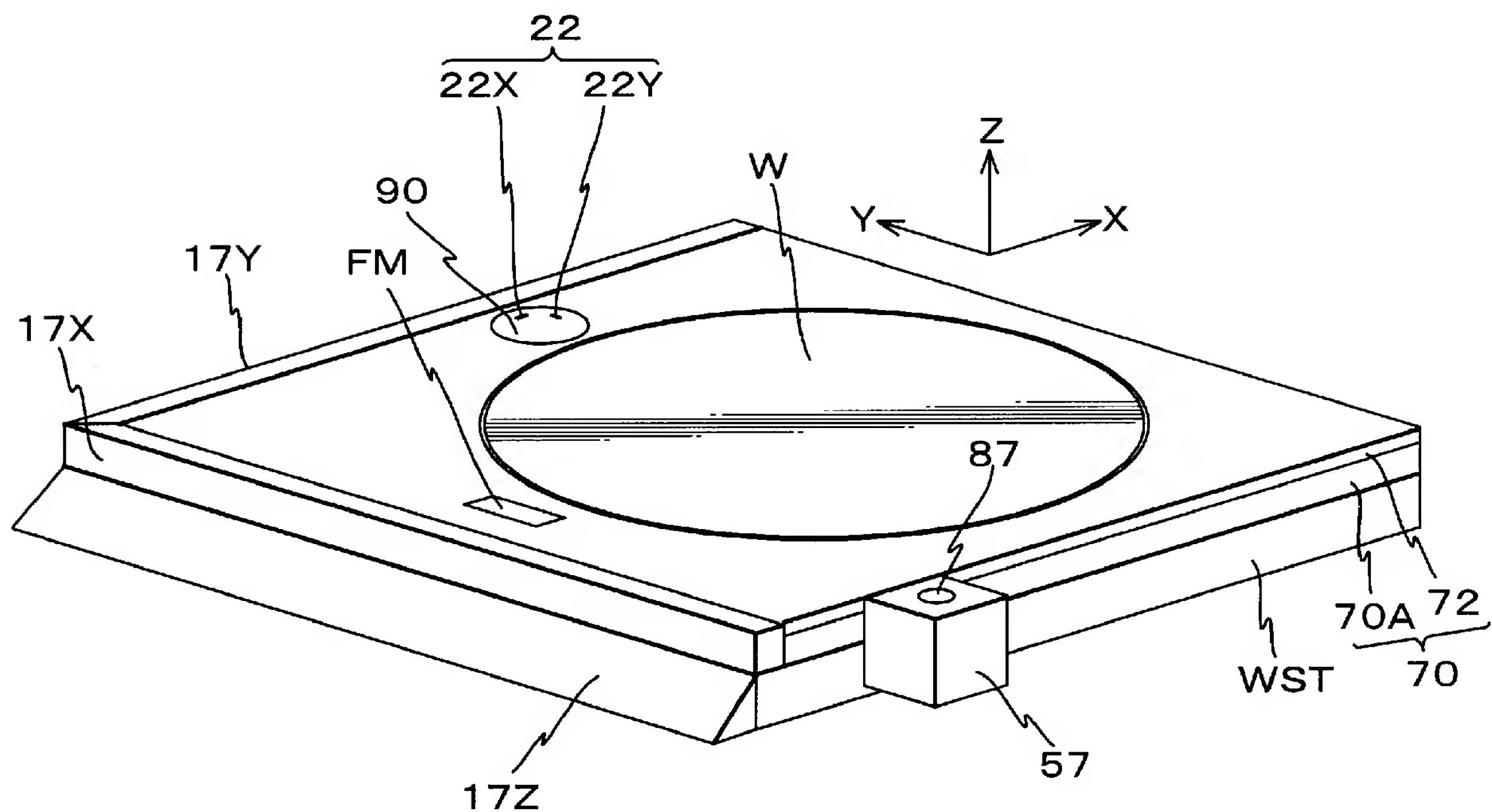
【0141】

12A, 12B … レチクルアライメント系（検出機構）、18 … ウエハ干渉計（第 1 位位置検出装置、第 2 位置検出装置）、20 … 主制御装置（調整装置、面形状検出系の一部、計測装置）、59 … 空間像計測装置（空間像計測器）、60A, 60A … 多点AF系（面形状検出系の一部）、100 … 露光装置、PL … 投影光学系、W … ウエハ（物体）、WST … ウエハステージ（ステージ）。

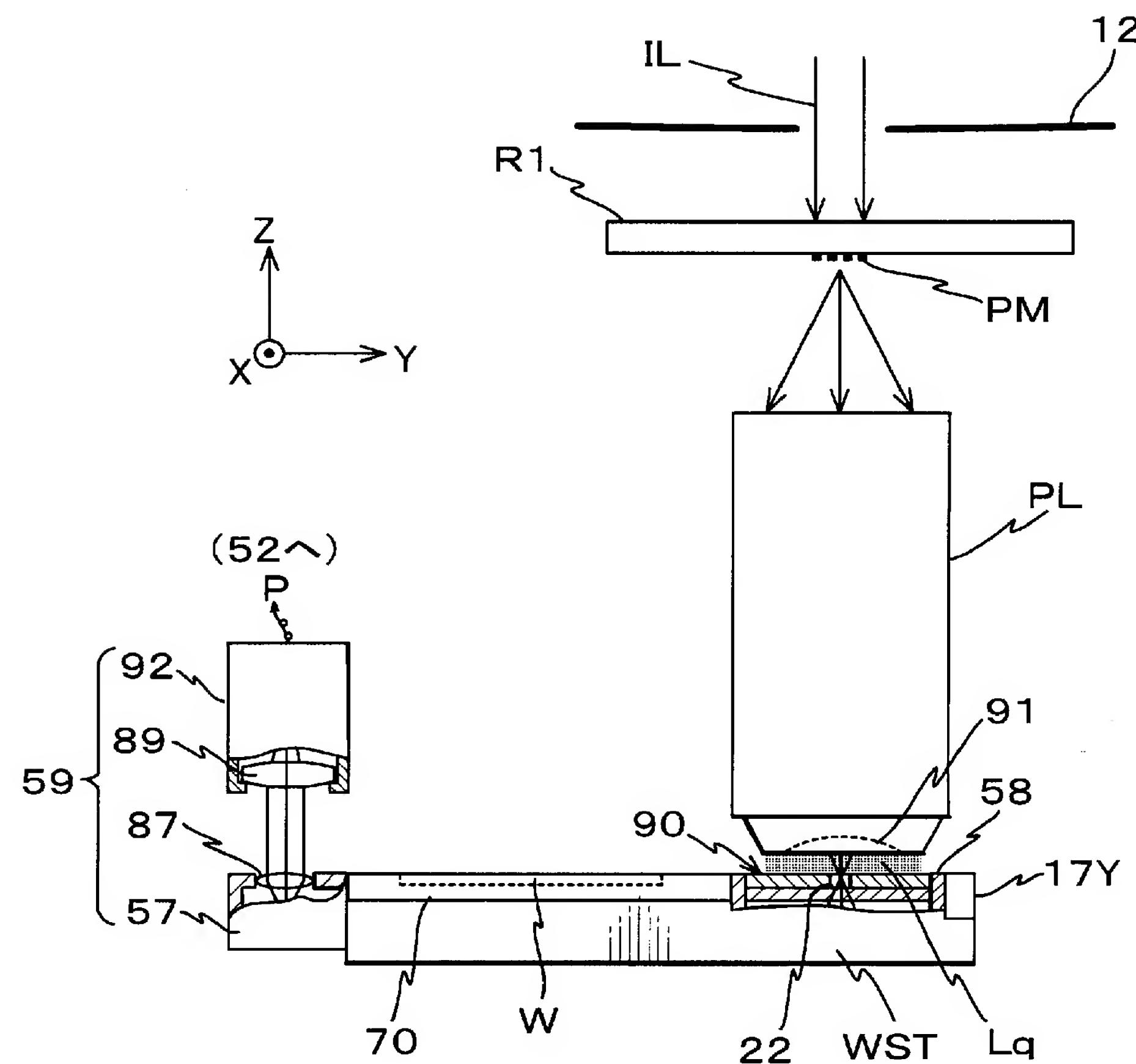
【書類名】 図面
【図 1】



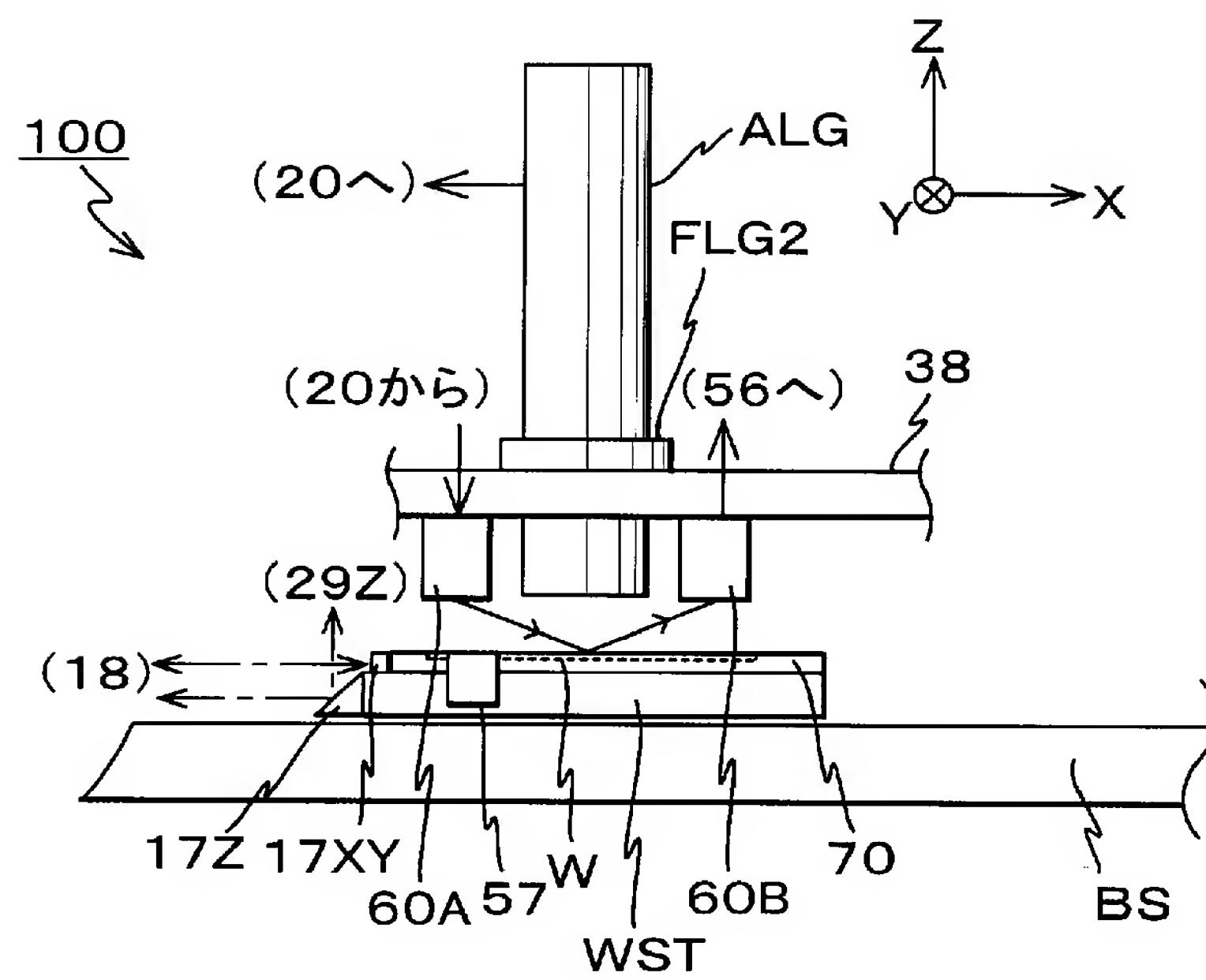
【図2】



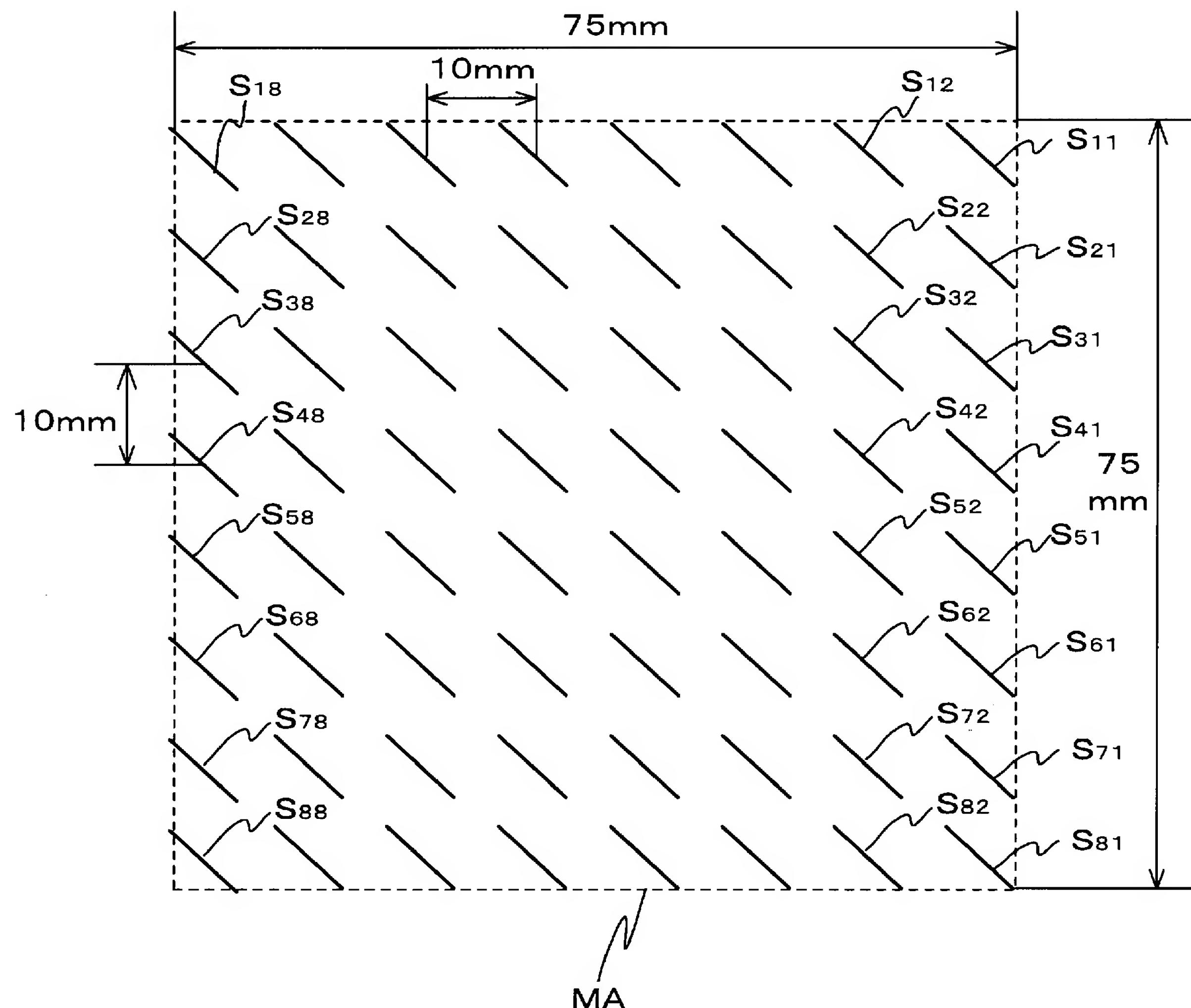
【図3】



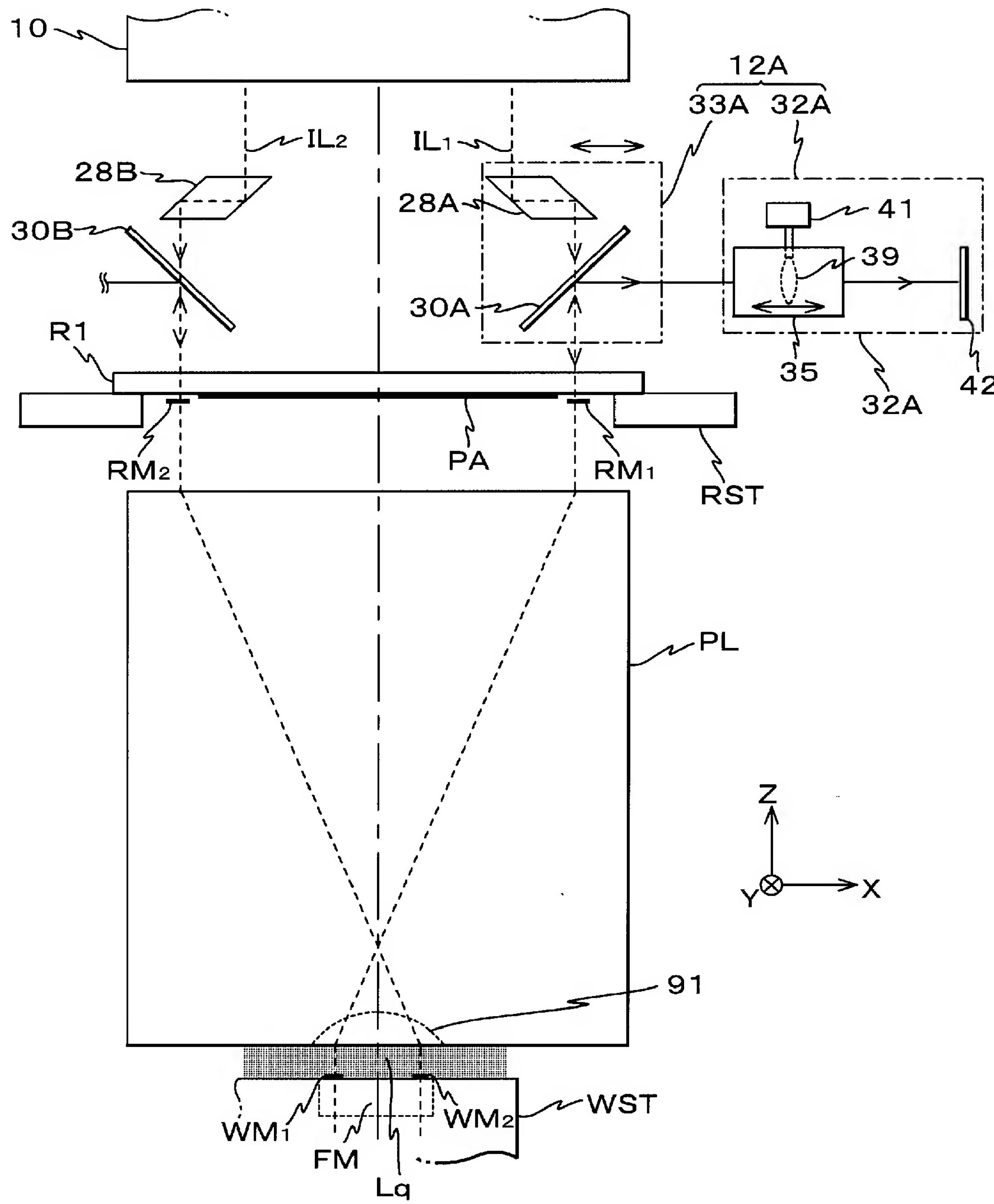
【図4】



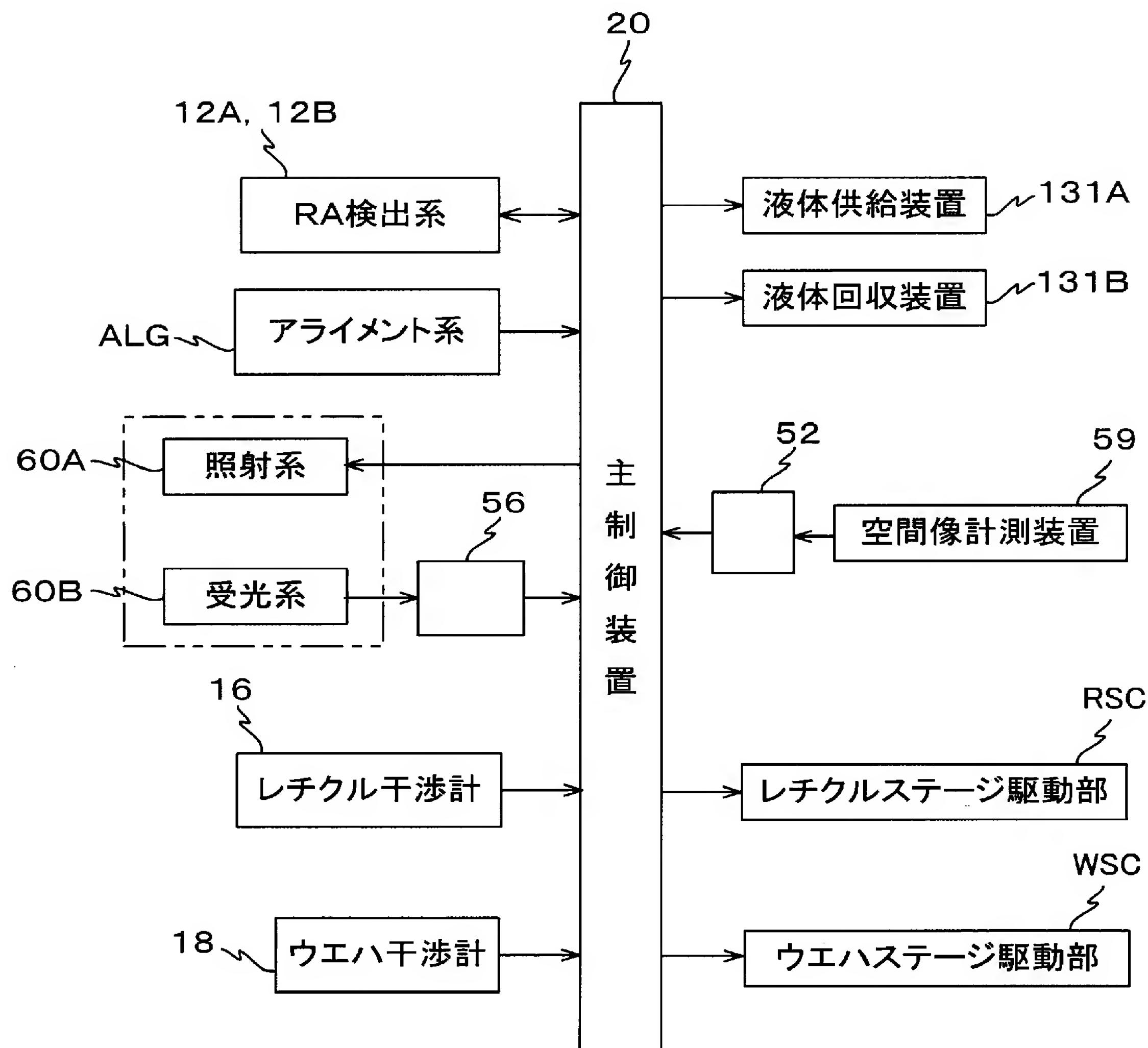
【図 5】



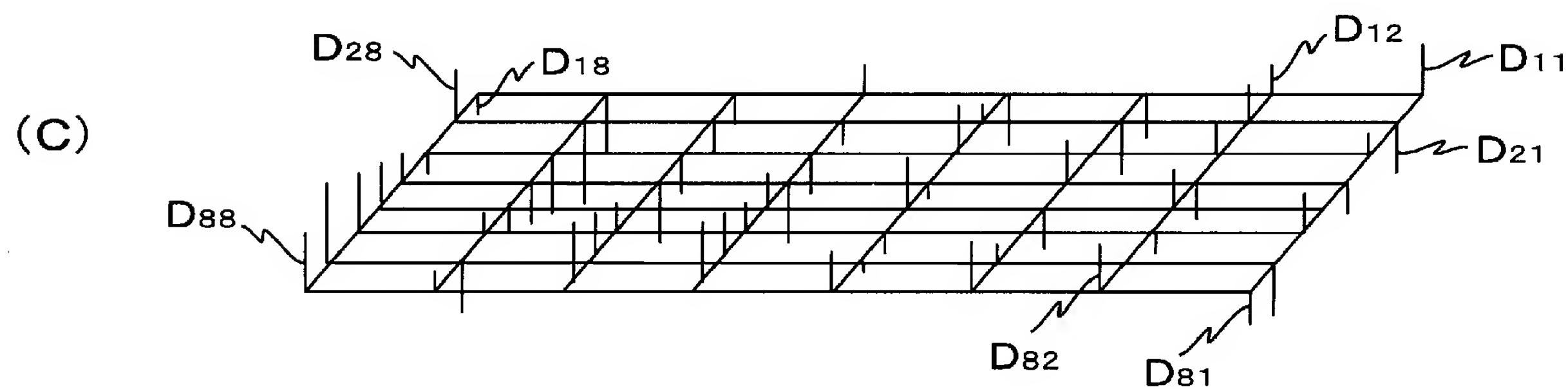
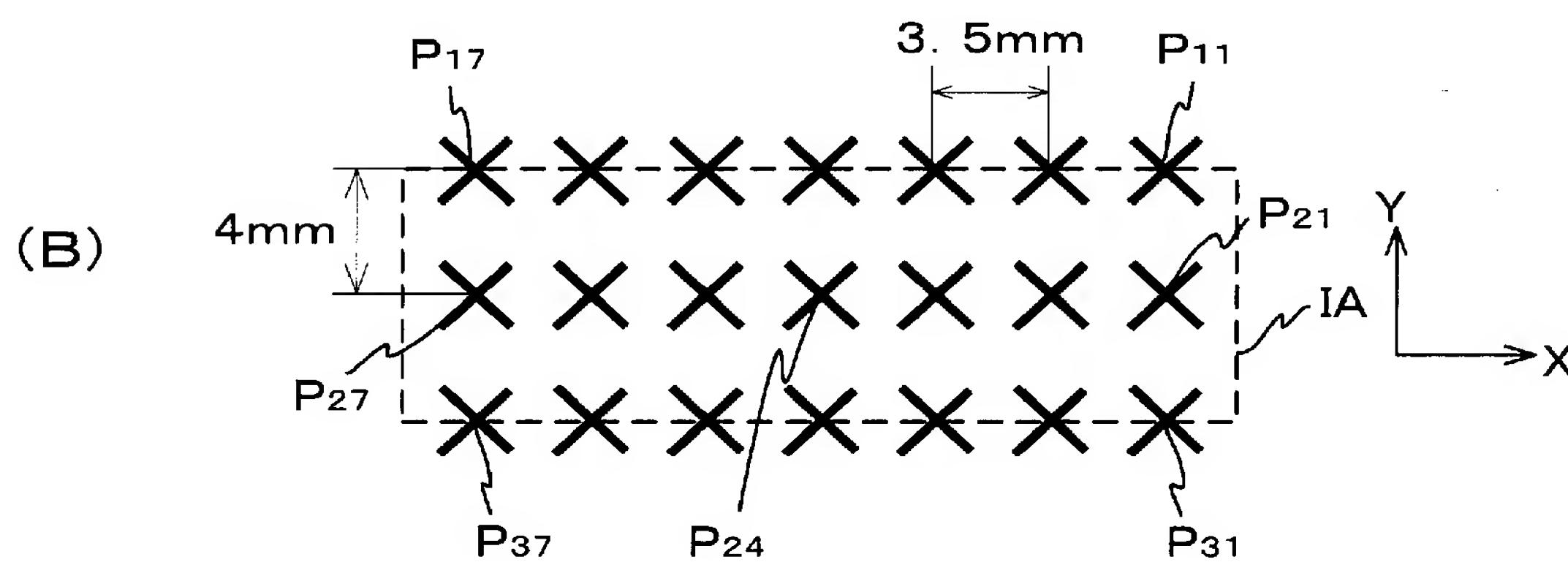
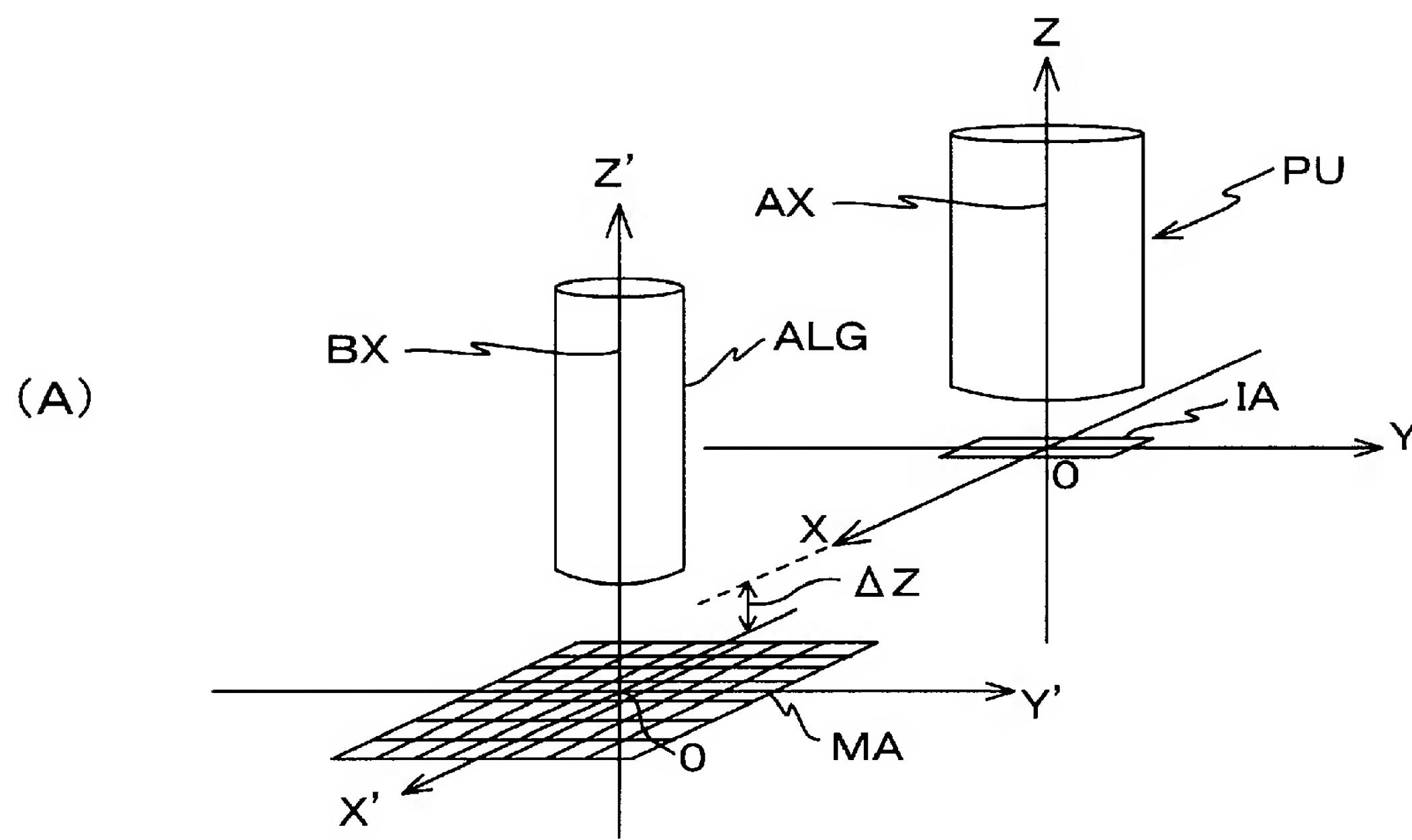
【図 6】



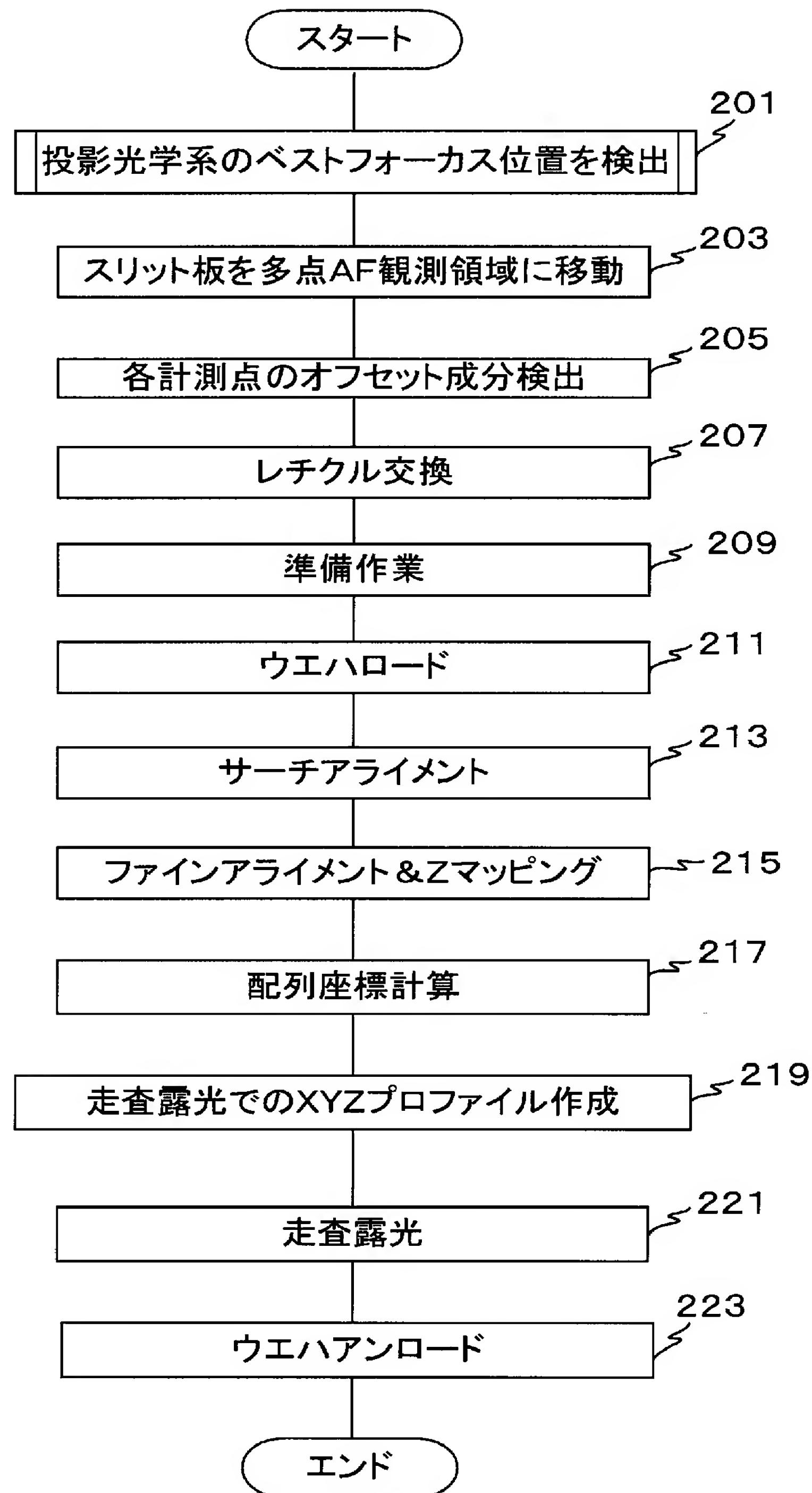
【図 7】



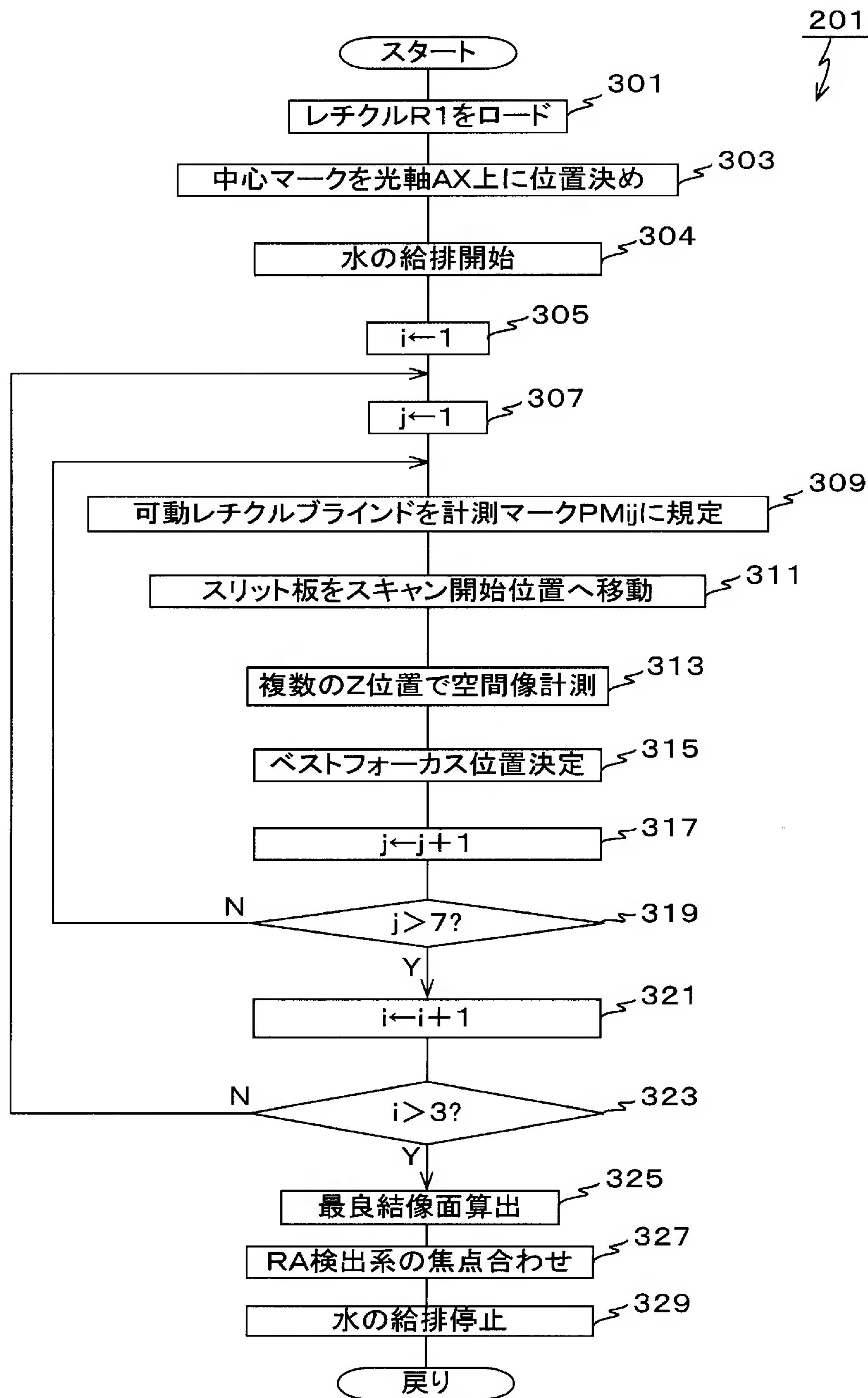
【図 8】



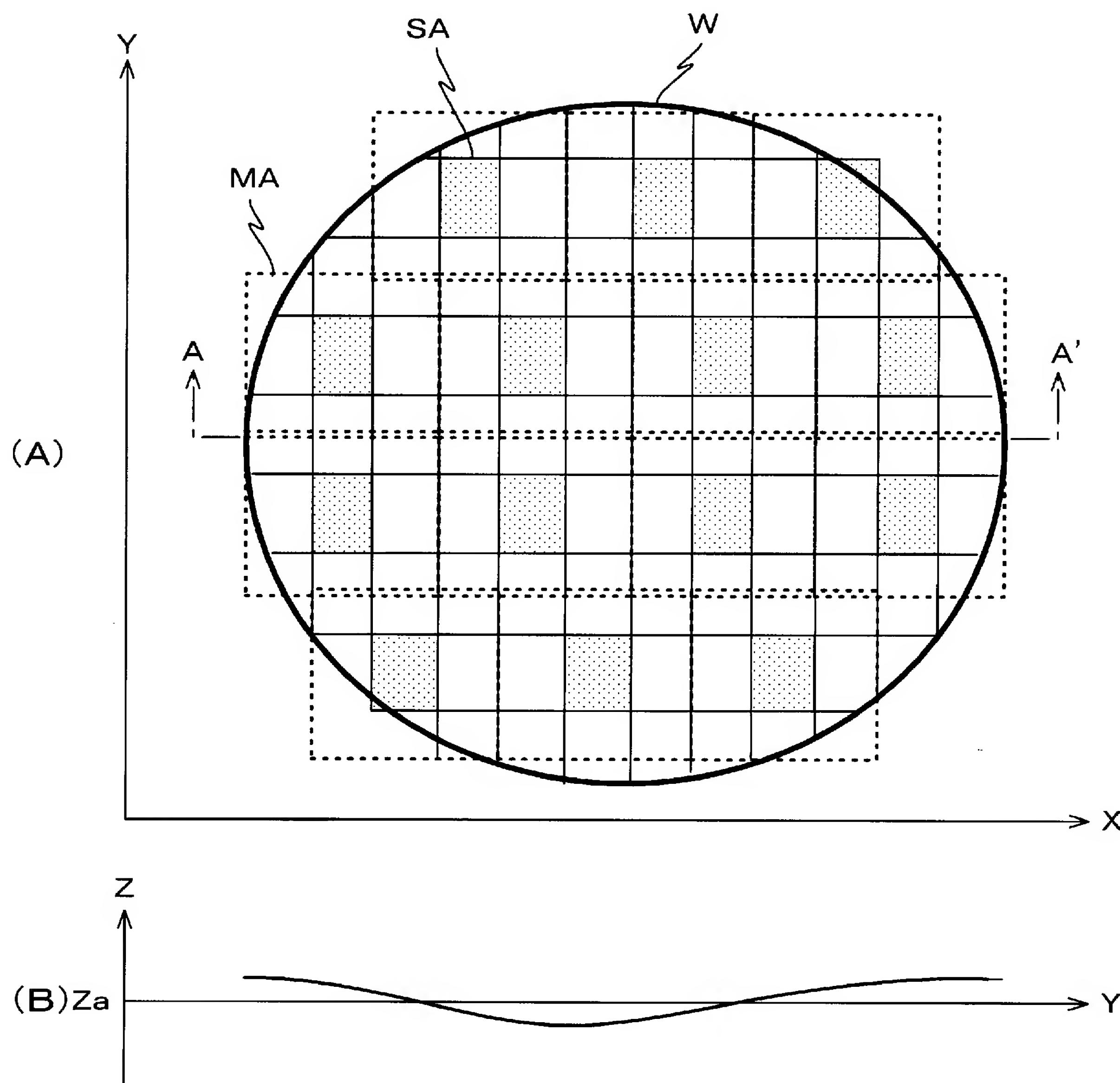
【図 9】



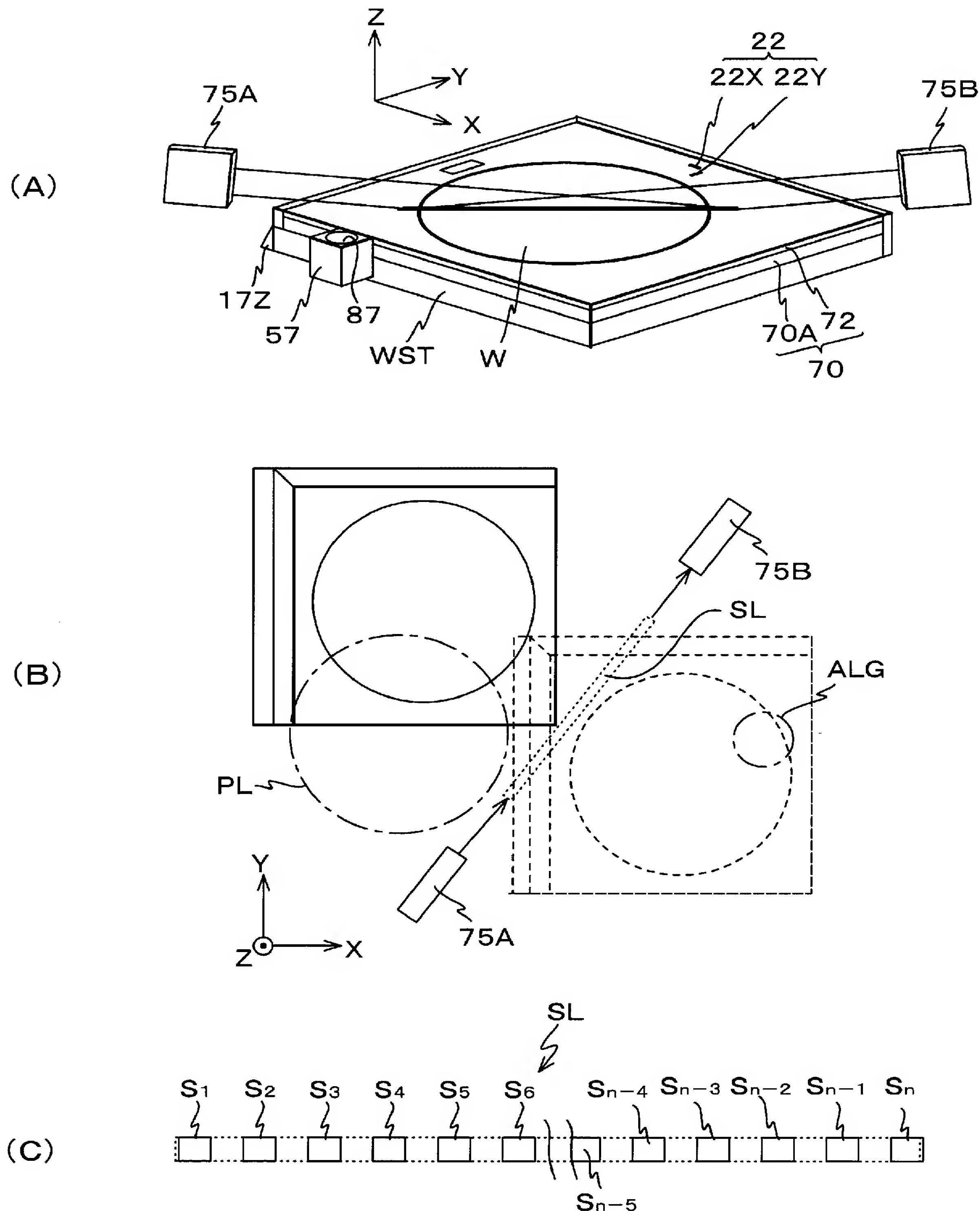
【図10】



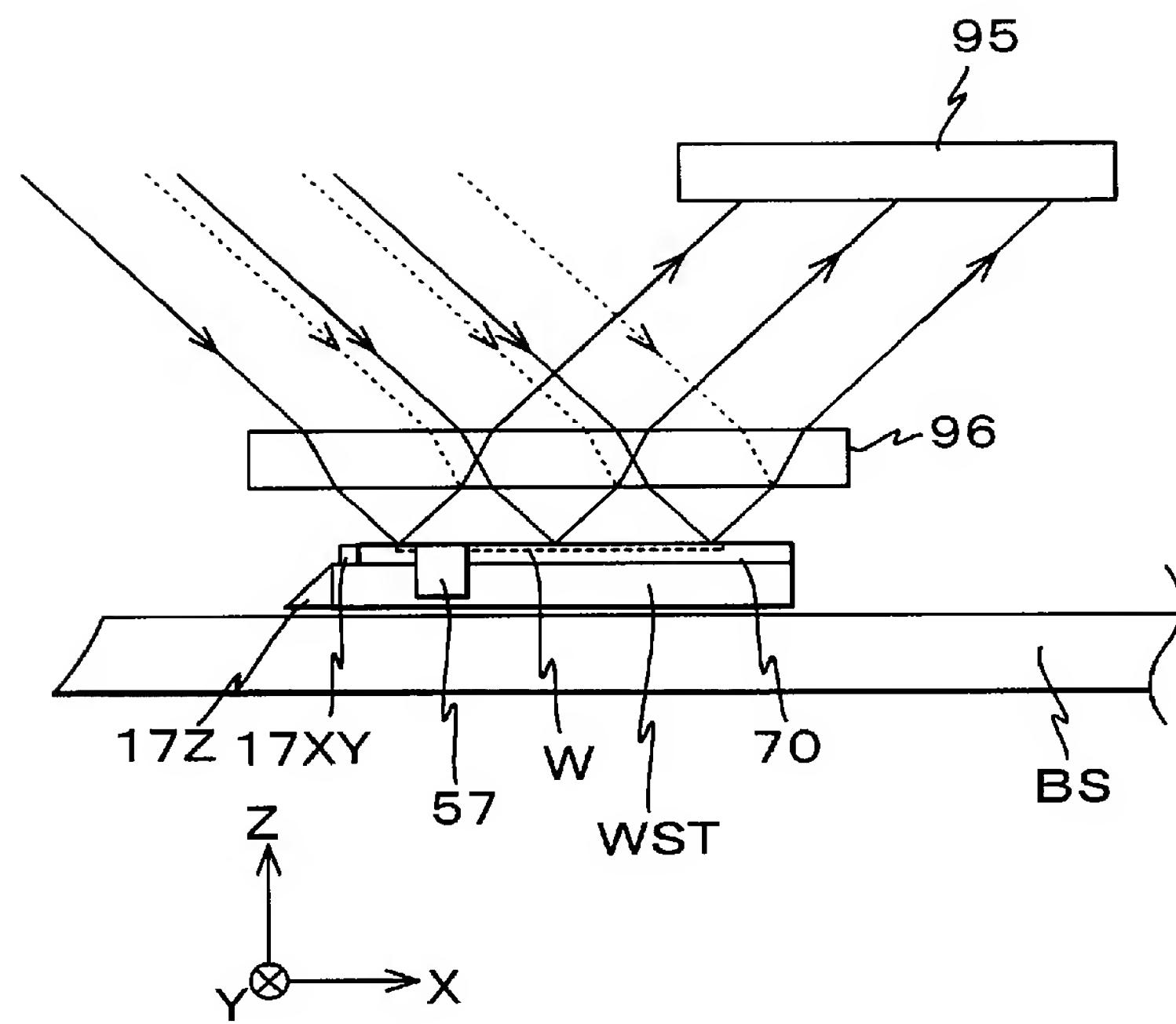
【図 1-1】



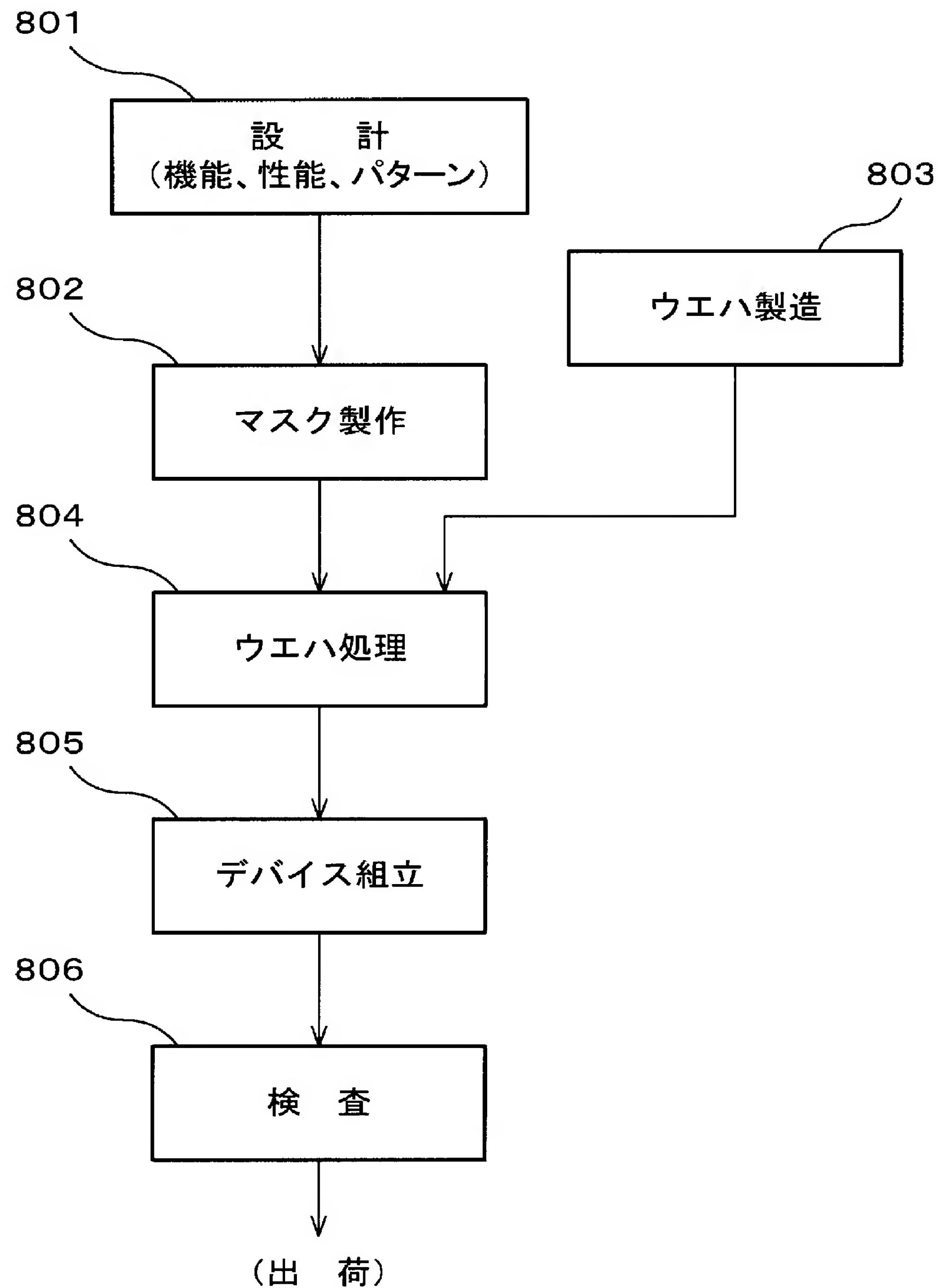
【図 12】



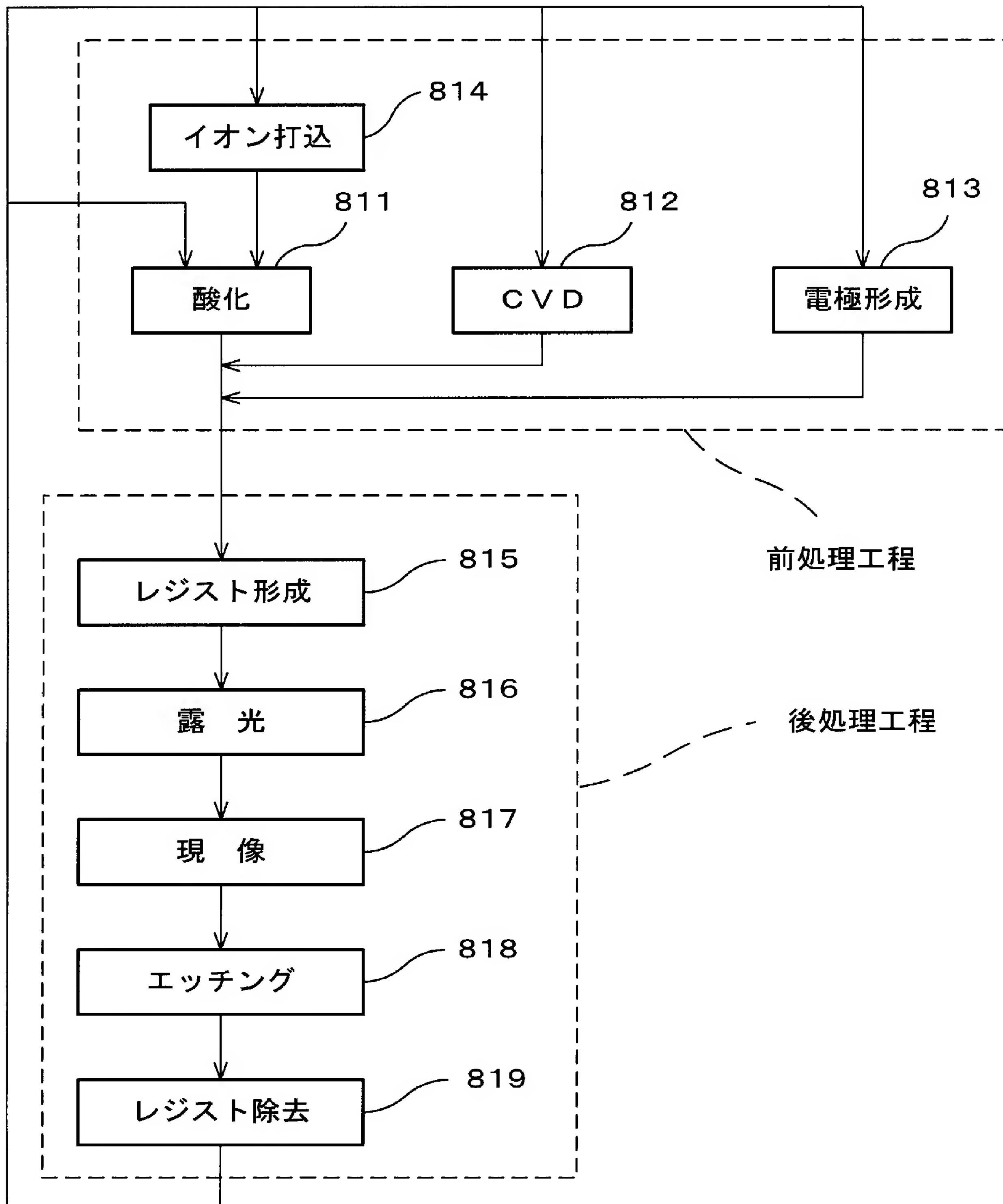
【図 1 3】



【図 1-4】



【図15】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】高精度な露光を実現する。

【解決手段】サブルーチン201及びステップ205において、投影光学系PLの最良結像面及び多点AF系のオフセット成分を較正情報として検出する。ステップ215でのアライメント系ALGによるウエハアライメントマークの計測中に、多点AF系により、ウエハの露光対象面の面形状に関する情報（Zマップ）を検出し、ステップ219では、走査露光中におけるウエハステージのXYの位置指令プロファイルとともに、オートフォーカス・レベリング制御に関する位置指令（Z, θ_x , θ_y ）に関するZ位置指令プロファイルを作成し、ステップ221においてその位置指令に基づいてオープン制御を行いつつ、走査露光を行う。

【選択図】図9

出願人履歴

0 0 0 0 0 4 1 1 2

19900829

新規登録

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
株式会社ニコン